






## MAGNETIC PARTICLE USED FOR SEPARATION

**Patent number:** JP60001564  
**Publication date:** 1985-01-07  
**Inventor:** CHAGNON MARK STEVEN; GROMAN ERNEST VICTOR; JOSEPHSON LEE; WHITEHEAD ROY ARTHUR  
**Applicant:** ADVANCED MAGNETICS INC  
**Classification:**  
**- international:** *B01D15/08; B01J20/32; B03C1/01; C12Q1/42; C12Q1/54; C12Q1/68; G01N33/543; B01D15/08; B01J20/30; B03C1/005; C12Q1/42; C12Q1/54; C12Q1/68; G01N33/543; (IPC1-7): G01N33/545*  
**- european:** *B01D15/08; B01J20/32; B03C1/01; C12Q1/42; C12Q1/54; C12Q1/68B10; G01N33/543D4D*  
**Application number:** JP19840095470 19840512  
**Priority number(s):** US19830493991 19830512

Also published as:

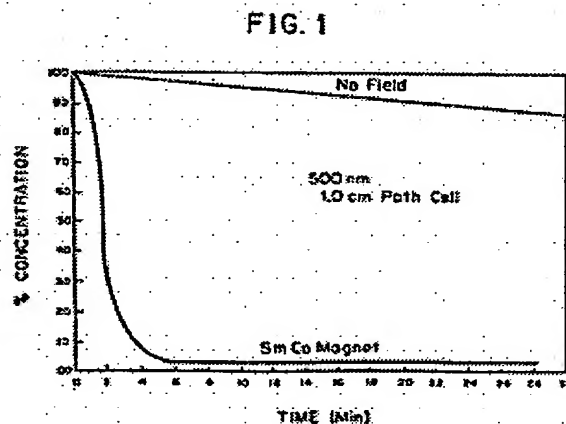
 EP0125995 (A2)  
 WO8806632 (A1)  
 EP0357593 (A1)  
 US4554088 (A1)  
 JP8009995 (A)

more >>

[Report a data error here](#)

Abstract not available for JP60001564  
Abstract of corresponding document: **US4554088**

A process is provided for the preparation of magnetic particles to which a wide variety of molecules may be coupled. The magnetic particles can be dispersed in aqueous media without rapid settling and conveniently reclaimed from media with a magnetic field. Preferred particles do not become magnetic after application of a magnetic field and can be redispersed and reused. The magnetic particles are useful in biological systems involving separations.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭60—1564

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>  
G 01 N 33/545

識別記号

庁内整理番号  
7906—2G

⑬ 公開 昭和60年(1985)1月7日  
発明の数 5  
審査請求 未請求

(全 31 頁)

⑭ 分離に用いられる磁性粒子

⑯ 特 願 昭59—95470

⑰ 出 願 昭59(1984)5月12日

優先権主張 ⑱ 1983年5月12日 ⑲ 米国(US)  
⑳ 493991

㉑ 発 明 者 マーク・ステイブン・ジャグ  
ノン

アメリカ合衆国マサチューセツ  
ツ州ローウエル・アンドーバー  
・ストリート444

㉒ 発 明 者 アーネスト・ビクター・グロマ  
ン

アメリカ合衆国マサチューセツ

㉓ 発 明 者 リー・ジョセフソン

アメリカ合衆国マサチューセツ  
ツ州アーリントン・マーチン・  
ストリート11

㉔ 出 願 人 アドバンスド、マグネティック  
ス、インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国マサチューセツ  
ツ州ケンブリッジ・ビー・コン  
コード・アベニュー767

㉕ 代 理 人 弁理士 八田幹雄 外1名  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

分離に用いられる磁性粒子

2. 特許請求の範囲

(1) 磁気応答粒子において、その磁気応答粒子は分子が共有結合し得るシラン被膜により通常閉鎖された磁性金属酸化物核よりなり、また① 磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ② 水性分散体の容積を入れた容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより水性分散体にかげられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質を有することを特徴とするものである磁気応答粒子。

(2) 金属酸化物核が超常磁性結晶群を含むものである特許請求の範囲第1項に記載の磁気応答粒子。

(3) 超常磁性結晶が2価および3価の陽イオンを含む酸化鉄よりなるものである特許請求の範囲第2項に記載の磁気応答粒子。

(4) 核を閉鎖するシラン被膜が、金属酸化物核に吸着結合もしくは共有結合し得る官能性の第1対と生物分子に共有結合し得る第2対とを有する二官能性シラン重合性物質よりなるものである特許請求の範囲第1項に記載の磁気応答粒子。

(5) シラン重合性物質が、アミノフェニル、アミノ、カルボン酸、ヒドロキシル、スルフィドリル、脂肪性、親水性および両親媒性部分からなる群から選ばれた有機官能性を有するものである特許請求の範囲第4項に記載の磁気応答粒子。

(6) シラン重合性物質が、p-アミノフェニルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、n-ドデシルトリエトキシシランおよびn-ヘキシルトリメトキシシランからなる群から選ばれたシラン単量体から形成されるものである特許請求の範囲第4

項に記載の磁気応答粒子。

(7) 光分散により測定された平均粒径が約0.1～約1.5 $\mu$ である特許請求の範囲第4項に記載の磁気応答粒子。

(8) 窒素ガス吸着により測定された表面積が約100 $\text{m}^2/\text{g}$ 以上である特許請求の範囲第7項に記載の磁気応答粒子。

(9) 磁性金属酸化物核が超常磁性酸化鉄核であり、シラン被膜が重合性シラン被膜であり、該酸化鉄核が酸化鉄結晶群を含み、かつ光分散により測定された平均粒径が約0.1～約1.5 $\mu$ および窒素ガス吸着により測定された表面積が約100 $\text{m}^2/\text{g}$ 以上である特許請求の範囲第1項に記載の磁気応答粒子。

(10) 磁性金属酸化物核が、強磁性金属酸化物核であり、シラン被膜が重合性シラン被膜であり、該金属酸化物核が金属酸化物結晶群を含み、かつ光分散により測定された平均粒径が約0.1～約1.5 $\mu$ および窒素ガス吸着により測定された表面積が約100 $\text{m}^2/\text{g}$ 以上である特許請求

の範囲第1項に記載の磁気応答粒子。

(11) シラン被膜が少なくとも1種類の生親和性吸着剤に共有結合されるものである特許請求の範囲第1項、第9項または第10項に記載の磁気応答粒子。

(12) 生親和性吸着剤が、抗体、抗原、ヘプテン、酵素、アポ酵素、酵素基質、酵素阻害剤、補助因子、結合タンパク、担体タンパク、結合タンパクにより結合された化合物、担体タンパクにより結合された化合物、レクチン、単糖類、多糖類、ホルモン、受容体、抑制因子および誘発因子からなる群から選ばれたものである特許請求の範囲第11項に記載の磁気応答粒子。

(13) 被膜が、抗サイロキシン抗体、抗トリアイオドチロニン抗体、抗甲状腺刺激ホルモン抗体、抗甲状腺結合グロブリン抗体、抗サイログロブリン抗体、抗ジゴキシン抗体、抗コルチゾール抗体、抗インスリン抗体、抗テロフィリン抗体、抗ビタミンB<sub>12</sub>抗体、抗葉酸塩抗体、抗フェリチン抗体、抗ヒト絨毛性ゴナドトロピン抗体、抗卵

巣刺激ホルモン抗体、抗黄体化ホルモン抗体、抗プロゲステロン抗体、抗テストステロン抗体、抗エストリオール抗体、抗エストラジオール抗体、抗プロラクチン抗体、抗ヒト胎盤性ラクトゲン抗体、抗ガストリン抗体および抗ヒト成長ホルモン抗体からなる群から選ばれる抗体に共有結合されるものである特許請求の範囲第9項または第10項に記載の磁気応答粒子。

(14) シラン被膜が、ジアゾ化により抗サイロキシン抗体に共有結合されるものであるp-アミノフェニルトリメトキシシラン重合体である特許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(15) 被膜が、ジアゾ化により抗テロフィリン抗体に共有結合されるものであるp-アミノフェニルトリメトキシシラン重合体である特許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(16) 被膜が、カルボジイミド結合によりビタミンB<sub>12</sub>結合タンパクへ共有結合されるものであるカルボン酸末端脱水グルタル酸酐型3-アミノプロピルトリメトキシシラン重合体である特

許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(17) 被膜が、グルタルアルデヒド結合により抗トリアイオドチロニン抗体へ結合されるものであるN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン重合体である特許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(18) 被膜が、グルタルアルデヒド結合により抗甲状腺刺激ホルモン抗体へ結合されるものであるN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン重合体である特許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(19) 被膜が、グルタルアルデヒド結合によりアルカリホスファターゼまたは $\beta$ -ガラクトシダーゼに結合されるものであるN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン重合体である特許請求の範囲第9項に記載の磁気応答粒子。

(20)

a) アルカリ中に2価および3価の遊移金属塩を沈澱させ、

b) 沈澱物をほぼ中性に達するまで洗浄し、

c) 沈澱物を電解液中で洗浄し、

d) 沈澱物を、沈澱物へ吸着結合または共有結合された分子が共有結合され得る重合性被膜を形成し得るシラン単量体中へ再懸濁し、そして

e) 沈澱物に吸着結合または共有結合する重合性シラン被膜を発生させることとなる、

光分散で測定された平均粒径が約0.1～約1.5 $\mu$ である磁気応答粒子の製造方法。

(21)

a) アルカリ中に2価および3価の鉄塩の2価および3価の鉄陽イオンを沈澱させ、

b) 沈澱物を水中でほぼ中性に達するまで洗浄し、

c) 沈澱物を電解液中で洗浄し、

d) 洗浄された沈澱物を吸着結合または共有結合したシラン重合体で被覆させることとなる、

光分散で測定された平均粒径が約0.1～約1.5であり超常磁性を有する特許請求の範囲第20項に記載の製造方法。

(22) 2価および3価の鉄塩がFeCl<sub>2</sub>お

よびFeCl<sub>3</sub>である特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(23) 2価および3価の鉄陽イオンは、約4/1～約1/2のFe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比において使用されるものである特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(24) 洗浄は、沈澱物を水および電解液中に再懸濁させ、そして洗浄と洗浄の間に沈澱物を磁気的に収集することとなる特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(25) 沈澱物は、酸性水溶液からのシラン重合体の析出により該シラン重合体で被覆されるものである特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(26) 沈澱物は、酸性有機溶液からのシラン重合体の析出により該シラン重合体で被覆されるものである特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(27) 酸性有機溶液からのシラン重合体の析出が、

a) 約1% (v/v) の水を含んでいる有機溶媒中へ洗浄された沈澱物を懸濁させ、

b) シラン単量体の酸性溶液を添加し、

c) 高速で沈澱物を均質化し、

d) 沈澱物を、有機溶媒および水のいずれにも混和し得る溶剤と混合し、

e) 水および有機溶媒を蒸発させるのに十分な温度に加熱し、そして

f) 沈澱物から溶剤を洗浄する

こととなる特許請求の範囲第26項に記載の製造方法。

(28) 有機溶媒がメタノールでありかつ溶剤がグリセロールである特許請求の範囲第27項に記載の製造方法。

(29) シラン単量体の溶液がオルト亜リン酸または水酢酸で酸性化されたものである特許請求の範囲第27項に記載の製造方法。

(30) シラン重合体が、p-アミノフェニルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-2-アミノエチル-3-アミ

ノプロピルメトキシシラン、n-ドデシルトリエトキシシラン、n-ヘキシルトリメトキシシランからなる群から選ばれたシラン単量体から形成されるものである特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(31)

a) 約2/1のFe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比でFeCl<sub>2</sub>およびFeCl<sub>3</sub>を水酸化ナトリウムで沈澱させ、

b) 沈澱物を再懸濁および磁気分離することにより、沈澱物を水中でほぼ中性となるまで洗浄し、

c) 沈澱物を再懸濁および磁気分離することにより、沈澱物を塩化ナトリウム溶液中で洗浄し、

d) 洗浄された沈澱物を約1% (v/v) の水を含むメタノール中に懸濁し、

e) シラン単量体の酸性溶液を沈澱物の懸濁液に添加し、

f) 高速で沈澱物を均質化し、

g) 沈澱物をグリセロールと混合し、

h) 沈殿物とグリセロールを約160°〜約170℃の温度に加熱し、そして

i) 沈殿物からグリセロールを洗浄することとなり、

磁気応答粒子は、分子が共有結合し得る重合性シラン被膜により通常固着された超常磁性酸化鉄核よりなり、該粒子は光分散により測定された平均粒径が約0.1μ〜約1.5μであり、さらに<sup>①</sup>磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ②水性分散体の容積を入れた容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより水性分散体にかげられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質量を有するものである特許請求の範囲第21項に記載の製造方法。

(32) シラン単量体は、p-アミノフェニル

トリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、n-ドデシルトリエトキシシランおよびn-ヘキシルトリメトキシシランからなる群から選ばれたものである特許請求の範囲第31項に記載の製造方法。

(33)

a) 溶液、吸知量の標準リグートおよび溶液中のリグートに特異性のリガンドが共有結合されている磁気応答粒子を、リガンド/リグート複合体を形成するために反応させ、ここにおいて該磁気応答粒子は、分子が共有結合し得る、重合性シラン被膜により通常固着された超常磁性酸化鉄核よりなり、該酸化鉄核は酸化鉄結晶群を含み、該粒子は光分散により測定された平均粒径が約0.1μ〜約1.5μまた窒素ガス吸着により測定された表面積が約100m<sup>2</sup>/g以上であり、さらに<sup>①</sup>磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ②水性分散体の容積を入れ

た容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより水性分散体にかげられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質量を有するものであるか、または分子が共有結合し得る、重合性シラン被膜により通常固着された強磁性金属酸化物核よりなり、該金属酸化物は金属酸化物結晶群を含み、該粒子は光分散により測定された平均粒径が約0.1μ〜約1.5μまた窒素ガス吸着により測定された表面積が約100m<sup>2</sup>/g以上であり、さらに<sup>①</sup>磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ②水性分散体の容積を入れた容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより水性分散体にかげられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10

分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質量を有するものである、

b) 磁気応答粒子を反応溶液から磁気分離し、

c) 磁気応答粒子に結合した標準または溶液中の遊離標準を測定し、そして

d) c)段階で測定された標準の量を、リグート濃度を測定するために標準曲線に相関させることとなる溶液中のリグートの濃度の測定方法。

(34) リガンドが抗体である特許請求の範囲第33項に記載の測定方法。

(35) 抗体が、抗サイロキシシン抗体、抗トリアイオドチロニン抗体、抗甲状腺刺激ホルモン抗体、抗甲状腺結合グロブリン抗体、抗サイログロブリン抗体、抗ジゴキシシン抗体、抗コルチゾール抗体、抗インスリン抗体、抗テロフィリン抗体、抗ビタミンB<sub>12</sub>抗体、抗葉酸抗体、抗フェリチン抗体、抗ヒト絨毛性ゴナドトロピン抗体、抗卵巣刺激ホルモン抗体、抗黄体化ホルモン抗体、抗プロテストロン抗体、抗テストステロン抗体、抗

エストリオール抗体、抗エストラジオール抗体、抗プロラクチン抗体、抗ヒト胎盤性ラクトゲン抗体、抗ガストリン抗体および抗ヒト成長ホルモン抗体からなる群から選ばれる抗体である特許請求の範囲第34項に記載の測定方法。

(36)

a) 酵素反応をもたらすための反応混合物を反応容器中に形成するために、磁気応答粒子と共有結合した酵素を反応媒体と接触させ、ここにおいて該磁気応答粒子は、分子が共有結合し得る、重合性シラン被膜により通常包被された超常磁性酸化鉄核よりなり、該酸化鉄核は酸化鉄結晶群を含み、該粒子は光分散により測定された平均粒径が約0.1 $\mu$ ～約1.5 $\mu$ また窒素ガス吸着により測定された表面積が約100 $m^2/g$ 以上であり、さらに該磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ②水性分散体の容積を入れた容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより

水性分散体にかけられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質点を有するものである、

b) 発生する酵素反応をなさせ、そして

c) 酵素を、磁気分離を用いて反応混合物より除去することとなる酵素反応実施方法。

(37) 酵素がアルカリホスファターゼまたは $\beta$ -ガラクトシダーゼである特許請求の範囲第36項に記載の方法。

(38) 酵素結合磁気応答粒子を新しい反応媒体中に再懸濁することにより酵素を再循環することをさらになすものである特許請求の範囲第36項に記載の方法。

(39)

a) 容器中で、磁気応答粒子に共有結合したリガンドをリゲートおよび他の物質を含む溶液または懸濁液に接触させ、ここにおいて、該磁気応答粒子は、分子が共有結合し得る、重合性シラン

被膜により通常包被された超常磁性酸化鉄核よりなり、該酸化鉄核は酸化鉄結晶群を含み、該粒子は光分散により測定された平均粒径が約0.1 $\mu$ ～約1.5 $\mu$ また窒素ガス吸着により測定された表面積が約100 $m^2/g$ 以上であり、さらに該磁場の存在しない状態において、その水性分散体の50%濁り度減少沈降時間が約1.5時間以上でかつ②水性分散体の容積を入れた容器を容器中の水性分散体の容積よりも小さな容積を有する永久磁石の極力と接触させることにより水性分散体にかけられるものである磁場の存在する状態において、その水性分散体の95%濁り度減少分離時間が約10分以下である水性分散体を形成するように水性媒体中に分散可能である粒子質点を有するものである、

b) リガンドとリゲートに結合しない相互作用をなさせ、

c) 磁気応答粒子をそれに結合しているリゲートと共に溶液または懸濁液から磁気分離し、そして

d) リゲートを磁気応答粒子から脱離すること、リゲートをリガンドから回収することである

溶液からのリゲートの隔離に関する親和クロマトグラフィー法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### I. 発明の分野

本発明は、磁気応答粒子および周辺媒体よりのある分子の分離が必要であるまたは望ましい系におけるその粒子の使用に関するものである。特に、本発明は、数多くの種類の有機分子およびまたは生物分子が結合し得る安定なシラン被膜により包被された金属酸化物核よりなる磁気応答粒子の調製方法に関するものである。(結合したまたは非結合の)粒子は、迅速な重力沈降を起こすことなく水性媒体中で分散し得るまた、都合のよいことに該水性媒体中から磁場を用いて再生利用され得る。好ましくは、ここにおいて提供される製法は、超常磁性すなわち磁場におかれた後においても永久磁化されない粒子を産するものである。この特性

は磁気凝集形成なしに再分散することを該粒子に許容するものである。従って、該粒子は再使用または再循環され得るものである。シラン被覆の安定度およびそれへの分子の共有結合性付着もまた粒子の使用および再使用の一因子である。

本発明の磁気応答粒子は、生物分子または有機分子と親和力、吸収する能力またはある他の生物分子もしくは有機分子と相互作用する能力により結合し得るものである。このように結合した粒子は、これに限定されるわけではないが、免疫学的検定、他の生物学的検定、生化学的もしくは酵素的反応、親和クロマトグラフィー精製、細胞分類ならびに診断学および治療学的使用を含む、分離段階または結合分子の特定位置への有向移動を伴う種々の試験管内または生体内系に使用され得る。II. 発明の背景

## II-1.

生物学系における磁気分離：一般的考察

重力分離または遠心分離にかわるものとしての生物学系における磁気分離は詳しく調べられてい

る(ビーエルヒルシュベイン[B. L. Hirschbein]ら、ケムテック[Chemtech]、1982年3月、172~179(1982)、エムポウファルザネフ[M. Pourfarzaneh]、ザリガンドクォータリィ[The Ligand Quarterly] 5(1): 41~47(1982)およびビージェイホールディング[P. J. Halling]とビーダンニル[P. Dunnill]、エンザイムミクロバイオリジカルテクノロジー[Enzyme, Microb. Technol.] 2: 2~10(1980))。酵素、抗体および他の生親和力吸収性物のような生物分子の支持体としての磁気分離可能な粒子の使用のいくつかの利点は、一般的に認識されている。例えば、磁性粒子は固定酵素系の固形相支持体として使用され(例えばビージェイロビンソン[P. J. Robinson]ら、バイオテックバイオエング[Biotech. Bioeng.]、XV: 603~606(1973)参照)、酵素は、懸濁された固体を含む媒体を含み酵素反応体の再循環を許容しながら媒体より選

択的に回収され得る。固体支持体として免疫学的検定または他の競合的結合検定において使用された時、遠心分離と比べて磁性粒子は均質的な反応状態(最適な結合活動を助長し、分析-吸収平衡を最小限変えるものである。)を与え、結合した分析物の非結合の分析物よりの分離を促進する。遠心分離は時間消費であり、高価でエネルギーを消費する設備を要し、放射線学的、生物学および物理学的危険をかかえている。一方、磁気分離は、比較的迅速で、容易であり、簡単な設備を要するのみである。最後に親和クロマトグラフィー系における非極性吸着剤を結合した磁性粒子の使用は、周知の親和クロマトグラフィー系におけるよりもより良好な質点移動を与え、より失敗の少ない結果に終わる。

磁性粒子に結合することによる分子の磁気分離の一般的概念は、すでに論議されそしてこのような粒子の生物学的目的への使用の潜在する利点は認識されているが、磁気分離の実践的発達、磁性粒子のいくつかの批評的特性によってさまざま

られ、これによってほとんど発達しなかった。

大きな磁性粒子(溶液中の直径が10ミクロン以上を意味する。)は、弱磁場および弱磁場変化に対し応答し得るが、これらは、迅速に沈降する傾向にあり、均質的な状態を要求する反応に対してのそれらの有用性は限られている。大きな粒子はさらに小さな粒子よりも単位当りの表面積が限られているので、これに対してはより少量の物質が結合し得るのみである。大きな粒子の例としては、50~125 $\mu$ の直径を有するロビンソン[Robinson]ら(上記の文献)のもの、60~140 $\mu$ の直径を有するモスバック[Mosbach]とアンダーソン[Anderson](ネイチャー[Nature]、270: 259~261(1977))のものおよび50~160 $\mu$ の直径を有するゲスドン[Guesdon]ら(ジェイアレルギークリンイムノル[J. Allergy Clin. Immunol.] 61(1): 23~27(1978))のものがある。ハルシュ[Harsh]とヤベルバン[Yaverbaum]により調製された複合粒子(米

国特許第3,933,997号)は、強磁性酸化鉄( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )担体粒子を含んでいる。酸化鉄担体粒子は直径1.5~10 $\mu$ を有していると報告されている。しかしながら、報告された5分間の沈降速度および複合粒子の1グラム当りわずか12mgの結合容量に比べると(エル エス ハーシュ [L. S. Hersh] とヤベルバン、クリンチム アクタ [Clin. Chim. Acta]、63: 69~72 (1975))、溶液中の複合粒子の実際の大きさは、実質的に10 $\mu$ より大きいものと思われる。

米国特許第3,933,977号のハルシュとヤベルバンの強磁性担体粒子は、抗ジゴキシン抗体を担体粒子に化学的に結合するために、抗ジゴキシン抗体と反応し得るシランでシラン化されている。種々のシランカップリング剤が、このために参照により組み入れられる米国特許第3,652,761号に開示されている。複合粒子の直径が10 $\mu$ よりたぶん大きいものは、少なくともその一部は、ハルシュとヤベルバンの特許において

用いられたシラン化の方法によって説明され得る。当業者に公知のシラン化の手法はシランの重合に選ばれる媒体と反応性表面へのその析出においてたがいに一般的に異なるものである。トルエン(エッチ ダブリュー ウィートール [H. W. Weetall]; メソッズ オブ エンザイモロジー [Methods in Enzymology]、ケイ モスバック(編集) [K. Mosbach (ed.)]、44: 134~148, 140 (1976)中)、メタノール(米国特許第3,933,977号)およびクロロホルム(米国特許第3,652,761号)のような有機溶媒が用いられている。水性アルコールならびに懸含有水溶液からのシラン析出(エッチ ダブリュー ウィートール、メソッズ オブ エンザイモロジー、上記、P. 136 (1976))もすでに用いられている。これらのシラン化の手法のどちらも空気およびまたはオープン乾燥を脱水段階に用いる。磁性担体粒子のシラン化の用いられた時、このような脱水方法は、担体粒子のシラン化された表面が互いに接触することを

もたらし、例えばシロキサン形成による粒子間の架橋、隣接粒子間のファンデルワールス相互作用もしくは物理凝着等を含む粒子間結合と潜在的に終わる。この粒子間結合は単一の担体粒子よりかなり大きな直径のシラン化された担体粒子の共有結合したもしくは物理結合した凝集体を生じる。このような凝集体は、単位重量当り低い表面積を有し、そしてこれ故に、抗体、抗原または酵素のような分子との結合に関し低い能力を有する。このような凝集体はまた多くの適用に対して短かすぎる重力沈降時間を有している。

溶液中における平均直径が約0.03 $\mu$ 以下である小さな磁性粒子は、熱攪拌により溶液中に保たれることができ、それゆえ自然沈降しない。しかしながら、このような粒子を溶液から除去するために要求される磁場および磁場変化度は、ベンチトップワークにおける使用に不便な重く嵩のある磁石をそれらの発生に要求するように大きいものである。5000エルステッド以上の磁場を発生し得る磁石は代表的に直径0.03 $\mu$ 以下の磁

性粒子を分離するために要求される。粒子に作用する正味の力(F)と磁場との間の概算定置関係は、以下の等式により与えられる(ヒルシュベインら、上記文献)。

$$F = (X_v - X_v^0) V H (dH/dx)$$

(式中 $X_v$ と $X_v^0$ はそれぞれ粒子と媒体の容積磁化率、 $V$ は粒子の容積、 $H$ は適用された磁場であり、また $dH/dx$ は磁場変化度である。)

この表現は、粒子形状や粒子相互作用を無視したものであるからあくまで単に概算的なものである。しかしながらこれは、磁性粒子における力が粒子の容積に直接比例していることを示しているものである。

0.03 $\mu$ 以下の磁性粒子は、例えば米国特許第3,531,413号中に述べられるような、いわゆるフェロフルイド [ferrofluid] 中に用いられる。フェロフルイドは数多くの適用を有するが、分離をもたらすために要求される大きな磁場および大きな磁場変化度のために、磁性粒子の周辺媒体からの分離を要求する適用には非実践的で



ある。

強磁性材料は通常磁場に応答して永久磁化される。「超常磁性」と定義される材料は磁場変化度に力を受けるが、永久磁化はされない。磁性酸化鉄の結晶は結晶の大きさにより、強磁性とも超常磁性ともなり得る。鉄の超常磁性酸化物は、結晶が直径約300Å(0.03μ)以下のときもたらされ、それより大きな結晶は一般的に強磁性を有する。磁場に最初にさらされた後に、強磁性粒子は、ロビンソンら(上記文献)によりおよびハルシュとヤベルバン(上記文献)により記されているように永久磁化された粒子間の磁力のために凝集する傾向にある。

報告されるところによると直径300Åおよび表面にアミン基を有するものである分散可能な磁性酸化鉄粒子は、レンバウム[Rembaum]の米国特許第4,267,234号の記載に従って、ポリエチレンイミンの存在下、塩化第一鉄と塩化第二鉄の塩基性沈殿( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}=1$ )より調製される。報告されたところでは、これらの粒子

は、調製中3度磁場にかざされ、再分散可能であると述べられている。この磁性粒子は、0.1μの報告された直径の磁性ポリグルタルアルデヒド微小球体を形成するために、グルタルアルデヒド懸濁重合系と混合される。ポリグルタルアルデヒド微小球体は、タンパク質のようなアミノ含有分子への結合を形成し得る表面上に共役アルデヒド基を有する。しかしながら、一般的にアルデヒド基と反応し得る化合物のみが直接ポリグルタルアルデヒド微小球体の表面に結合され得る。さらに、磁性ポリグルタルアルデヒド微小球体はある適用に関して十分に安定なものではない。

## II-2.

### 放射線標識免疫検定法における分離

放射線標識免疫検定法[radiimmunoassay](RIA)は、抗体に結合する放射性に標識された物質を含んでいる物質の濃度の分析のため方法を述べるのに用いられる用語である。放射性結合の量は同じ抗原に結合し得る標識されていない試験物質の存在によって変えられる。標識されていない

物質は、もし存在すると、結合位置に関して標識された物質と競合し、これにより抗体への放射性結合の量を減少する。結合放射能における減少は、標準曲線によって標識されていない試験物質の濃度に相関され得る。RIAの本質的段階は、結合分を定量するために達成すべきである結合標識と遊離標識との分離である。

被覆管、微粒子系および二抗体分離法を含む種々の一般的分離法が放射線標識免疫検定法(RIA)に適用された。米国特許第3,646,346号に記載されるような被覆管は、遠心分離することなく結合標識と遊離標識との分離をなすが、2つの主たる欠点をかかえている。第1に、管の表面は反応において用いられ得る抗体の量を限定する。第2に、抗体と抗原との反応を緩慢としながら、抗体はいくつかの抗体からはるかに(0.5cmほど)隔てられる(ジーダブリューパーソンズ[G. W. Parsons]、メソッズインエンザイモロジー、ジェイランゴーン(編集)[J. Langone (ed.)] 73:225(1981)中

およびビーエヌナヤク[P. N. Nayak]、ゼリガンドクオータリイ4(4):34(1981))。

抗体は分離を促進するため微粒子系に付着している。(例えば米国特許第3,652,761号および第3,555,143号参照。)。このような系は使用される抗体のほぼ無制限に近い量を許容する広い表面積を有しているが、検定の間に該微粒子はしばしば沈降する。該管は部分的な均質化を達成するためにさえもしばしば攪拌されなければならない(ビーエムジャコブス[P. M. Jacobs]、ゼリガンドクオータリイ4(4):23~33(1981))。結合標識と遊離標識との完全な分離をもたらすためには遠心分離がまだ要求される。

第1抗体に対して高められた第2抗体を用いる分離に伴なわれて、抗体は標識された分子および標識されていない分子と反応し得る(同一文献)。二抗体法と定義されるこの方法は、標識との反応中における抗体の均質性を達成するが、抗原をベ

レット化するための遠心分離を伴った第1抗体と第2抗体の反応のための培養期間を要求する。

抗体は、ノルトリブチリン、メトトレキセート、ジゴキシン、チロキシンおよびヒト胎盤性ラクトゲンに関する放射線免疫検定法において遠心分離段階を消去するための努力において、磁性支持体に付着された（アール エス カメル [R. S. Kamel] ら、クリン ケム [Clin. Chem.]、25 (12) : 1997~2002 (1979) ; アール エス カメルとジェイ ガードナー [J. Gardner]、クリン チム アクタ [Clin. Chim. Acta]、89 : 363~370 (1978) ; 米国特許第3,933,997号 ; シーダウエス [C. Dawes] とジェイ ガードナー、クリン チム アクタ、86 : 353~356 (1978) ; ディー エス イサキシオス [D. S. Ithakissios] ら、クリン チム アクタ、84 : 69~84 (1978) ; ディー エス イサキシオスとディー オー クビアトウィクス [D. O. Kubiawicz]、クリン ケム 23

(11) : 2072~2079 (1977) およびエル ナイエ [L. Nye] ら、クリン チム アクタ、69 : 387~396 (1976)、このため参照によって組み入れられた。)。このような方法は大きな粒径（直径10~100μ）に悩まされ、検定の間拡散した抗体を保つための操作を必要とする。実質的分離は磁場のない状態での自然沈降により起こるので、これらの従前の方法は、実際は単に磁氣的に補助された重力分離である。沈降の問題は、米国特許第4,177,253号中で、空洞ガラスやポリプロピレンのような低密度核（直径4~10μ）の粒子表面の一部を被膜（厚さ4~10μ）してなる磁化粒子を用いるものである試みによりデイビス [Davis] とジェンタ [Janta] により提唱されている。抗エストラジオール抗体は、このような粒子に結合し、そしてこれらのエストラジオールRIAにおける粘着的有用性が示された。この試みは沈降の問題を克服したかもしれないが、その粒径と磁性被膜はそれでもなお表面積における限定を有しそれ

により抗体との結合位置の有効性において限定を有している。

### II-3.

他の生物学的系における磁気分離の適用

磁気分離は、RIA以外の他の生物学的系においても適用されている。蛍光免疫検定法 [fluoroimmunoassay] (FIA) や酵素免疫検定法 [enzyme-immunoassay] (EIA) のようないくつかの非同位性元素の免疫検定法は、抗体の結合した（または抗原の結合した）磁性粒子を用いるものを見逃させた。競合的結合の主要点は蛍光支持体および酵素がそれぞれ標識として放射性同位元素のかかる他はRIAにおけるものとFIAおよびEIAにおいて同一である。説明のために、エム ポーフアルザネフ [M. Pourfarzaneh] らおよびアール エス カメル [R. S. Kamel] らは、抗体がプロモシアン活性化により結合する強磁性のセルロース/酸化鉄粒子を用いて、それぞれコルチゾールおよびフェニトインに関する磁化可能固相 [magnetizable solid-phase] FIA

Aを開発させた [エム ポーフアルザネフら、クリン ケム、26 (6) : 730~733 (1980) ; アール エス カメルら、クリン ケム、26 (9) : 1281~1284 (1980) ]。

IgEの測定に関する非競合的固相サンドイッチ技法 [non-competitive solid phase sandwich technique] EIAはジェイ エル ゲスドン [J. L. Guesdon] らにより述べられている [ジェイ アレルギー クリン イムノル [J. Allergy Clin. Immunol.]、61 (1) : 23~27 (1978)]。この方法によると、グルタルアルデヒド活性化により磁性ポリアクリルアミド-アガロース ビーズに結合した抗IgE抗体は、結合をさせるためにIgEを含有試験試料で培養される。結合したIgEは、アルカリホスファターゼまたはβ-ガラクトシダーゼのいずれかで標識された第2抗IgE抗体を添加することで定量化される。酵素で標識された第2抗体は、サンドイッチ状を形成しながら第1抗体と結合し

た1g Eと複合し、そして粒子は磁氣的に分離される。結合した1g Eに比例したものである粒子に関連した酵素活性度は、次に1g E定量をなしながら計測される。

ビタミンB<sub>12</sub>に関する磁化可能固形相非免疫放射線検定法[magnetizable solid phase non-immune radioassay]は、ディー エス イサキシオスとディー オー クビアトウィクスにより報告されている(クリン ケム 23 (11): 2072~2079 (1977))。非免疫放射線検定法における競合的結合の主要点は、放射性同位元素標識を用いる双方の検定法でRIAにおけるものと同様である。しかしながら、RIAが抗体-抗原結合に基づくものである一方、非免疫放射線検定法はビタミンB<sub>12</sub>のようなある生物分子の特定または非特定の結合、担体もしくは受容体タンパクとの結合または相互作用に基づくものである。イサキシオスとクビアトウィクスの磁性粒子は、水不溶性タンパク基質中に包埋[embed]されたバリウムフェライト粒子から成るものであ

た。

今述べた固形相生物学的検定法におけるこれらの使用の他に、磁性粒子はその他の生物学的検定法の種々のものにおいても使用されている。磁性粒子は、混合母集団より選定ウイルス、選定バクテリアおよび他の選定細胞を分離するために細胞分類系に用いられている(米国特許第3,970,518号、第4,230,685号および第4,267,234号、このため参照により組み入れられる。)。これらは溶液から分子を選択的に分離および精製するために親和クロマトグラフィー系に用いられており、そして特にコロイド懸濁液からの精製に有用である(ケイ モスバック [K. Mosbach]とエル アンダーソン [L. Anderson]、ネイチャー [Nature] 170: 259~261 (1977)、このため参照により組み入れられる。)。磁性粒子はまた、固定化酵素系における固形相支持体として使用されている。磁性粒子に結合した酵素は生化学的反応に触媒作用を及ぼすのに十分な時間基質と接触させら

れる。その後酵素は、生成物および非反応基質から磁氣的に分離し得、そして断片的に再使用可能である。磁性粒子は、 $\alpha$ -キモトリプシンおよび $\beta$ -ガラクトシダーゼ(米国特許第4,152,210号、このため参照により組み入れられる。)ならびにグルコース イソメラーゼ(米国特許第4,343,901号、このため参照により組み入れられる。)に対する支持体として固定化酵素系において使用されている。

### III. 術 語

「磁気応答粒子[magnetically responsive particle]」ないし「磁性粒子[magnetic particle]」なる用語は、顕著な重力沈降を起こすことなく水性媒体中に分散可能もしくは懸濁可能でありそして懸濁液から磁場をかけることにより分離可能である粒子であり、かつ該粒子は生親和性吸着剤が共有結合し得る、吸着的もしくは共有的に結合した、有膜感応性を生ずる外装ないしは被膜によって通常包被された磁性金属酸化物核よりなる粒子であることと定義される。

「磁性群[magnetocenter]」なる用語は、「磁気応答粒子」および「磁性粒子」の類義語である。

「金属酸化物核[metal oxide core]」はフェロスピネル[ferrospinel]構造を有し、同じあるいは異なる遷移金属の三価または二価のカチオンからなる遷移金属酸化物物の結晶もしくは結晶群と定義される。詳説すると、金属酸化物核は酸化鉄の超常磁性結晶群もしくは酸化鉄の強磁性結晶群より構成され得るまたは酸化鉄の強磁性単結晶によりなり得る。

「生親和性吸着剤[bioaffinity absorbent]」なる用語は、他の生物学的分子との特定もしくは非特定の結合もしくは相互作用し得る生物学的あるいは他の有機的分子と定義され、ここにおいて結合もしくは相互作用は、「リガンド/リゲート[ligand/ligate]」結合もしくは相互作用に関連し得、また何ら限定されるものではないが、抗体/抗原、抗体/ハプテン、酵素/基質、酵素/阻因子、酵素/補助因子、結合タンパク/基質、

担体タンパク／凝集、ラクチン／炭水化物、受容体／ホルモン、受容体／作用因子もしくは抑制因子／誘発因子の結合もしくは相互作用などで例示される。

「結合磁気応答粒子 [coupled magnetically responsive particle]」ないし「結合磁性粒子 [coupled magnetic particle]」なる用語は、1ないしそれ以上の種類の生親和性吸着剤が共有結合によって結合される磁性粒子と定義され、ここにおいて共有結合は、磁性粒子の被膜と生親和性吸着剤の双方における結合に有効な官能性に依存するアミド、エステル、エーテル、スルホンアミド、ジスルフィド、アゾまたは他の安定な有機的結合であり得る。

「シラン [silane]」なる用語は、二官能性のオルガノシランに関するものであり、米国特許第3,652,761号中に分子のケイ素部分が無機物に親和性を有する一方、分子中の有機部分が有機物と結合するように構成されたことを特徴とするケイ素－官能性ケイ素化合物と定義されている。

シランはそのケイ素－官能性の利点により金属酸化物核の適当な被覆材料であり、そしてその有機官能性によって生親和性吸着剤に結合し得るものである。

「超常磁性 [superparamagnetism]」なる用語は、約300Å以下の結晶粒径を有する酸化鉄により表わされる磁氣的挙動と定義され、ここにおいて該挙動は、永久磁化されることなく磁場に応答することにより特徴づけられる。

「強磁性 [ferromagnetism]」なる用語は、約500Å以上の結晶粒径を有する酸化鉄により表わされる磁氣的挙動と定義され、ここにおいて該挙動は、永久磁化を伴って磁場に応答することにより特徴づけられる。

「フェロフルイド [ferrofluid]」なる用語は、良好に分離された通常50～500Åの副変域粒径の磁性粒子の、担体液体および界面活性剤中におけるコロイド状分散体よりなる液体と定義され、ここにおいて該粒子は、最高約5000エルステッドの磁場の存在においてさえも、液体担体中に

実質的に均一に分散された状態をとどめるものである。

「免疫検定法 [immunoassay]」なる用語は、多クローン性もしくは単クローン性抗体と抗原との免疫学的結合もしくは免疫学的相互作用に基づく溶液中における分析物の濃度もしくは量の計測に関する方法と定義され、ここにおいて該方法は、(a)結合していない分析物から結合した分析物を分離することを要求し、(b)結合した分析物およびまたは結合していない分析物の計測の手段として放射性同位元素標識、蛍光測定標識、酵素標識、化学ルミネッセンス標識または他の標識を用い、そして(c)結合した計測可能な標識の量が、元来溶液中にある分析物の量に一般的に逆比例する場合「競合的」とあるいは結合した計測可能な標識の量が、元来溶液中にある分析物の量と一般的に直接比例する場合は「非競合的」と述べられ得る。標識は、抗原中、抗体中あるいは二抗体法においては第2抗体中にあり得る。免疫検定法は、何ら限定されるわけではないが例えば放射

線免疫検定法(RIA)、免疫放射線測定検定法[immunoradiometric assay](IRMA)、蛍光免疫検定法(FIA)、酵素免疫検定法(EIA)およびサンドイッチ法免疫検定法などが例示されうる。

「結合検定法 [binding assay]」ないし「非免疫学的検定法 [non-immune assay]」なる用語は、生親和性吸着剤と他の生物学的もしくは有機的分子との抗体／抗原の結合もしくは相互作用以外の特定もしくは非特定の結合もしくは相互作用に基づく溶液中の分析物の濃度もしくは量の計測に関する方法と定義され、ここにおいて該方法は(a)結合していない分析物から結合した分析物を分離することを要求し、(b)結合した分析物およびまたは結合していない分析物を計測する手段として、放射性同位元素標識、蛍光計測標識、酵素標識、化学ルミネッセンス標識またはその他の標識を用い、そして(c)結合した計測可能な標識の量が、元来溶液中にある分析物の量に一般的に逆比例する場合「競合的」とあるいは結合し

た計測可能な濃度の量が、元来溶液中にある分析物の量に一般的に直接比例する場合は「非競合的」と述べられ得る。

「固定化酵素反応 [ immobilized enzyme reaction ] なる用語は、酵素的に触媒作用された生化学的な転化、合成または劣化と定義され、ここにおいて酵素分子またはその活性位置は、自由に溶解しないだけでなく、周辺媒体中に懸濁されるまたは周辺媒体に接触されかつ該媒体より再生され得るまたは分離され得る固形相支持体に吸収的結合または共有結合しているものである。

「親和クロマトグラフィー [ affinity chromatography ] なる用語は、選定分子をその周辺媒体より、周辺媒体中に懸濁されるまたは周辺媒体中に接触され、かつ該媒体より再生され得るまたは分離され得る固形相支持体に吸収的結合または共有結合している生親和性吸着剤との選定分子の結合または相互作用に基づいて、分離、隔離およびまたは精製することと定義される。

れた状態を保持し得るものである。該磁性粒子は好ましくは粒径約 0.1 ~ 1.5  $\mu$  のものである。注目すべきことに、この範囲の平均粒径を有する本発明の好ましい磁性粒子は、生親和性吸着剤との結合に高い能力を与えるものである約 100 ~ 150  $m^2/g$  ほどの高い表面積を有して調製され得るものである。この粒径範囲の磁性粒子は、より大きな粒子のもつ迅速な沈降の問題を克服しそしてより小さな粒子を分離するために要求された磁場および磁場変化を発生するための大きな磁石の必要性を除去するものである。本発明の磁性粒子の分離をなすのに使用される磁石は、約 100 ~ 約 1000 エルステッドの磁場を発生するものしか要求されない。このような磁場は、磁性粒子の分散を保つ容器よりも好ましく小さいものである永久磁石で得られることができ、これゆえ、ベンチトップ使用にも適している。強磁性粒子も本発明のいくつかの適用には使用され得るが、超常磁性の挙動を有する粒子が、強磁性粒子に因連する磁気凝集を示すことがなくかつ再分散および

#### IV. 発明の概要

本発明は周辺媒体からの分子の分離または周辺媒体中の分子の直接的な移動を伴う生物学的適用に有用な新規な磁性粒子を提供することを目的とする。本発明はまた該磁性粒子の調製および使用に関する方法と組成物を提供する。

該磁性粒子は、選定された結合化学作用により広範な種類の生親和性吸着剤が共有結合し得るものである吸着結合もしくは共有結合シラン被膜により一般的に包被された磁性金属酸化物核よりなるものである。この磁性金属酸化物核は好ましくは超常磁性酸化鉄結晶群を含有し、この被膜は好ましくは、シラン重合体であり、そしてこの結合化学作用は、何ら限定されるわけではないが、ジアゾ化カップリング、カルボジイミドカップリングおよびグルタルアルデヒドカップリングを含むものである。

本明細書中に述べる方法により調製される該磁性粒子は、該磁性粒子を数多くの検定方法における使用に十分許容し得る時間水性媒体中に分散さ

再使用が可能であることから好まれる。

該磁性粒子の調製方法は、微細な金属酸化物結晶を形成されるためにアルカリ中に金属塩を沈澱させ、再分散させそして結晶を水中でおよび電解液中で洗浄することとなる。磁気分離は、結晶が超常磁性である場合に洗浄液中の結晶を収集するのに用いられ得る。結晶は次にこの金属酸化物に吸着結合または共有結合し得かつ生親和性吸着剤との結合に関する有観官能性を供与し得る物質で被覆される。

本発明の一実施態様において金属酸化物核を包被する被膜はシランの重合体である。シラン化は、金属酸化物結晶を酸性有機液中に可分散させ、オルガノシランを添加し、水および有機溶媒のいずれにも混和し得る溶媒剤の存在下に加熱により脱水し、そして得られた磁性シラン化金属酸化物物を洗浄することよりなされ得る。

本発明の磁性粒子は、周知の結合化学作用により、例えばしかしながら何ら限定されることはないが、抗体、抗原および特定の結合タンパクなど

のような生親和性吸着剤と共有結合することができ、そしてこの結合磁性粒子は、溶液中の分析物の計測に用いられる免疫検定法もしくは他の結合検定法に使用することができる。このような検定法は好ましくは、生親和性吸着剤に結合しておりかつ非標識分析物および標識分析物の双方に結合または相互作用し得る磁性粒子の存在下に、標識分析物の既知量と共に非標識分析物の未知量を含む試料を混合し、生ずる結合または相互作用をなさせ、磁性粒子を磁気分離し、磁性粒子に関連する標識の量およびまたは溶液中に遊離している標識の量を計測し、そして試料中の分析物の濃度を決定するために標識の量を、相似して作成された標準曲線に相関させることによりなる。

本発明の磁性粒子は、固定化酵素系、特に酵素の再循環が望まれる固定化酵素系における使用に適したものである。酵素反応は好ましくは、基質を含有する反応混合物中に酵素結合磁性粒子を分散させ、生じる酵素反応をなさせ、酵素結合磁性粒子を生成物および未反応基質を含有する反応混

合物から磁気分離し、そして望まれる場合には新しい基質中に該磁性粒子を再分散する（これにより酵素は再使用される。）ことを行なわれる。

親和クロマトグラフィー分離および細胞選別は本発明の磁性粒子を用いて達成されることができ、好ましくは、分離されるまたは精製されるべき分子または細胞を含む溶液または懸濁液中に生親和性吸着剤結合磁性粒子を分散させ、生親和性吸着剤と望まれる分子または望まれる細胞に相互作用をなさせ、溶液または懸濁液より該粒子を磁気分離し、そして磁性粒子から分離された分子または細胞を回収することによりなされる。

さらに、本発明の磁性粒子は、該粒子に結合した特別の生親和性吸着剤により認識された細胞または組織の診断学的位置測定に、さらにまた該粒子に結合した治療剤の病理学的部位への磁氣的に指向された配給において生体内系に使用され得る。

本発明の磁性粒子は、既存の磁性粒子の粒径、表面積、重力沈降速度および磁氣的特性に関連する問題点を克服したものである。約1.5時間を

超える重力沈降時間は、本発明の磁性粒子で達成することができる、ここにおいて重力沈降時間は、磁場の存在下における50%まで低下する本発明の磁性粒子の分散体の濁り度に変化する時間であると定義される。約10分間未満の磁気分離時間は、磁性粒子の分散体を含んでいる容器をこの容器より容積的に大きくない永久磁石の磁極力と接触させることによって本発明の磁性粒子で達成することができる、ここにおいて磁気分離時間は、95%まで低下する分散体の濁り度に変化する時間であると定義される。さらに、本明細書中に述べられた磁性粒子の金属酸化物核を囲繞する被膜としてのシランの使用は、より限定された結合官能性をもつ公知の磁性粒子被膜と比べて同様に広範囲の結合条件下における広範な種類の分子との結合を可能とする。

本発明の好ましい磁気応答粒子は、超常磁性の特性を維持しながら低磁場（100～1000エルステッド）において該粒子の十分な分離を生じるものである超常磁性結晶群よりなる金属酸化物

核を有するものである。粒子の凝集は、意図された生物学的検定法またはその他の適用において使用されるために該磁気粒子の分散を十分許容し得る時間実質的な重力沈降がなきように好ましくは十分小さなものである粒子を生成するように、粒子合成の調節される。磁性応答粒子中に超常磁性核を有することの利点は、このような粒子がくり返し磁場にさらされ得るということである。このような粒子は、永久磁化されず、それゆえ磁気凝集を起こさないために、このような粒子は再分散および再使用できる。シラン化の後においてさえも、結晶群によりつくられた核を有する本発明の好ましい粒子は、このような粒子が開放または多孔質構造を有することを示すものである単位重量当りの非常に高い表面積および一般的に相応する高い結合能力を示すものである。

第Ⅱ節で述べた生物学的系において使用された既存の磁性粒子のいずれも、本発明の磁性粒子と同様な、粒径、表面積、結合適性、沈降特性および磁氣的挙動を有していない。本発明の磁性粒

子は、文献において報告される多くの検定法、酵素固定化法、細胞選別法および親和クロマトグラフィ法に過しており、そして実際このような手法において過去に経験された粒子沈降および再使用に関する問題を克服しているものである。

#### V. 本発明の具体的説明

##### V-1.

##### 磁性粒子調製

本発明の好ましい磁性粒子は、2つの段階により調製され得る。第一に、超常磁性酸化鉄が、例えば $\text{Fe}_3\text{O}_4$ および $\text{Fe}_2\text{O}_3$ のような二価( $\text{Fe}^{2+}$ )および三価( $\text{Fe}^{3+}$ )の鉄塩のアルカリ中の沈降により調製される。第二にオルガノシラン被膜が、この酸化鉄に適用される。

$\text{Fe}^{2+}$ と $\text{Fe}^{3+}$ との比は、最終製品中における実質的変更をせずに、鉄の一定モル量を維持しながら $\text{Fe}^{2+}$ の量を増加することで変えられ得る。好ましい $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比は2/1であるが4/1の $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比もまた、第VI-1節の製法において適当に作用する(第VI-7節をさら

に参照のこと。)。1/2の $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比は、それより高い $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比より得られたものよりわずかに属判の劣った磁性粒子を生ずる。この磁性酸化物は「ブリード」を起す傾向にあるまたは第VI-1節の洗浄方法において可溶となり、そして粒径は2/1ないし4/1の $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比から得られたものよりより不均一である。それにもかかわらず、これは、第VI-7節で例示されるような有用な磁性粒子を生じるようにシラン化され得るものである。

酸化鉄の水性溶液は、超常磁性酸化鉄の結晶性沈降物を形成することをもたらす例えば水酸化ナトリウムのようなアルカリ中に混合される。この沈降物は、磁気分離を用いて水でくり返し洗浄され、そして中性pH値に達するまで再分散される。この沈降物は次に一度例えば塩化ナトリウム溶液のような電解液中で洗浄される。電解液洗浄段階は、酸化鉄結品の純度を保証するために重要である。最後に沈降物は、メタノールで1.0%(v/v)水の残留物を残すところまで洗浄される。

洗浄段階における懸濁液から酸化鉄を分離するための磁場のくり返しの使用は、超常磁性により容易である。いかに多くの回数該粒子が磁場におかれたとしても、これらは決して永久磁化することなく、従ってゆるやかな攪拌をすれば再分散される。永久磁化される(強磁性)金属酸化物は、磁場にさらした後に磁気凝集する傾向にありそして均一に再分散できないので、このような洗浄手段によっては調製され得ない。

マグネシウム塩、マンガン塩、コバルト塩、ニッケル塩、亜鉛塩および銅塩のような他の2価の遷移金属塩は、磁性金属酸化物を得るのにこの沈降手法において鉄(II)塩に変えることができる。例えば第VII-1節の手法における $\text{Fe}_3\text{O}_4$ の2価のコバルト塩化物( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )での置き換えは、強磁性金属酸化物粒子を生成した。 $\text{Co}_3\text{O}_4$ でこのように調製される強磁性金属酸化物粒子は、該粒子を磁化しないため、洗浄と洗浄の間に遠心分離または濾過などの周知手段を用いて磁場の不存在下に洗浄され得る。得られた強磁性

金属酸化物が水性媒体中で分散体をとどめるのに十分小さな粒径である限り、これらはまたシラン化され得、そして例えばある放射線免疫検定法のような1回の磁気分離を要求する系における使用のために生親和性吸着剤に結合され得る。強磁性は、再分散または再使用を要求する適用における粒子の有用性を限定する。

アルカリ沈降により調製された磁性金属酸化物は種々の適当なシラン類のいずれか1つにより被覆され得る。シランカップリング材料は、2つの特徴を有しており、それはこれらが金属酸化物に吸着結合または共有結合し得ることと、これらが有機官能性により生親和性吸着剤と共有結合を形成し得ることである。

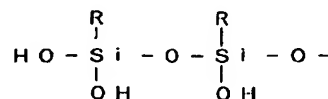
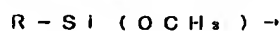
本発明の磁性粒子の金属酸化物核を被覆するのにシラン化が用いられる場合、一般式 $\text{R-Si}(\text{Ox})_3$ (ただし式中、 $(\text{Ox})_3$ は代表的にはトリメトキシもしくはトリエトキシのようなトリアルコシキ基であり、またRは末端にアミノフェル、アミノ、ヒドロキシル、スルフィドリル、

脂肪性、親水性もしくは混成官能性（両親媒性）を有するアリル、アルキルもしくはアラルキル基または生親和性吸着剤に共有結合するのに適した他の有機基である。）を有するオルガノシランが用いられ得る。このようなオルガノシランは、何ら限定されるわけではないが例えば

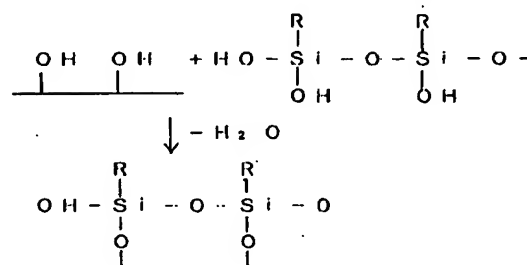
β-アミノフェニルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、トリアミノ官能性シラン（ $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}-(\text{OCH}_3)_3$ ）、n-ドデシルトリエトキシシランおよびn-ヘキシルトリメトキシシランを含むものである。（他の可能なシランカップリング剤に関しては、米田特許第3,652,761号を参照のこと、参照により組み入れられた、上記あり。）。一般的に、クロロシランは放出される塩化水系酸を中和する準備がなされていないと用いられ得ない。

本発明の一実施態様において、シランは酸性有

機溶媒中から金属酸化物核上に析出される。このシラン化反応は2段階的に起こる。第一に、トリメトキシシランは、メタノールのような有機溶媒、水および例えばリン酸もしくは水酢酸からなるものの中に入れられる。これはシラン重合体を形成するように縮合される。



第二に、これらの重合体は、金属酸化物と結合する、おそらくこれは、表面OH基との脱水による共有結合を形成することによるものと思われる。



金属酸化物へのシラン重合体の吸着もまた可能である。

本発明に係る酸性有機シラン化方法の重要な点は、シラン重合体の金属酸化物への吸着結合または共有結合をもたらすために用いられた脱水方法である。この結合は、有機溶媒と水のどちらにも混和し得る溶剤の存在下にシラン重合体と金属酸化物とを加熱することで達成される。約290℃の沸点を有するグリセロールが適当な溶剤である。グリセロールの存在下に約160~170℃に加熱することは、2つの目的を与える。これは水、有機溶媒（これは例えば、メタノール、エタノール、ジオキサン、アセトンまたはその他の適当な極性溶媒であり得る。）および過剰なシラン重合体の蒸発を促進する。さらに、グリセロールの存在は、脱水が乾燥のために加熱により行なわれる公知の他のシラン化方法の生来の問題である粒子の凝集ないしは塊状化および粒子の潜在的架橋を防ぐものである。

本発明の他の実施態様において、酸性水性シラ

ン化方法が、シラン重合体を金属酸化物核上に析出するために用いられる。ここにおいて金属酸化物は、10%シラン重合体の酸性（PH約4.5）水溶液中に懸濁される。シラン化は、約2時間90°~95℃で加熱することにより達成される。グリセロール脱水がまた使用される。

酸化鉄粒子上のシランの存在は、以下の観察により確認された。第一に、6N-塩酸での処理の後、該酸化鉄は溶解し、シラン化されていない酸化鉄が同様に消化されても存在しない白色の無定形の残留物が残った。この酸不溶性残留物がシランであった。第二に、第VI-4節のシアソ化法は、該粒子への抗体の付着を許容した。シアソ化はシラン化されていない粒子の付着は促進しない。最後に、抗体の付着は極めて安定であり、金属酸化物への抗体の吸着によるものよりかなりすぐれて安定している。

V-2.

シランカップリング化学作用

シラン被膜の選択および磁性粒子への生親和性



吸着剤の結合に対する特定の化学作用に関する最初の考察は、生親和性吸着剤それ自体の状態、たとえば温度やpHなどのような因子に対する感受性ならびに結合に関する分子上の反応基の有用性である。

例えば、抗体が磁性粒子に結合すべきである場合には、結合化学作用は免疫グロブリンタンパクに非破壊的であるべきであり、共有結合は、抗体／抗原相互作用が遮断ないし妨害されないようにタンパク分子上の部位に形成されるべきであり、そして得られる結合は選択された結合条件下で安定であるべきである。同様に、酵素が磁性粒子に結合すべきである場合には、結合化学作用は酵素タンパクを変性すべきではなく、そして共有結合は活性もしくは触媒作用性部位並びに酵素／基質もしくは酵素／補助因子相互作用により干渉され得るその他の部位以外の分子上の部位で形成されるべきである。

種々のカップリング化学作用が当業者に公知であり、また上述した参照により組み入れられた米

国特許第3,652,761号において述べられている。詳述すると、ジアゾ化は、p-アミノフェニル末端化シランを免疫グロブリンに結合することに用いられ得る。免疫グロブリンおよび他のタンパクの3-アミノプロピル末端化シランおよびN-2-アミノエチル-3-アミノフェニル末端化シランへの結合はグルタルアルデヒドの使用により達成されている。この手法は2つの基本的段階すなわち、1)未反応のグルタルアルデヒドの除去を後に行なうものであるグルタルアルデヒドとの反応による粒子の活性化と、2)未反応のタンパクの除去を後に行なうものであるタンパクの活性化粒子との反応をよりなるものである。この手法はタンパクおよび細胞の固定化に広範に使用される(エイ・エム・クリバノフ[A. M. Klibanov]、サイエンス[Science]、219: 722(1983)、このため参照により組み入れられた。)磁性粒子がカルボキシ末端化シランによって被覆された場合には、タンパクおよび免疫グロブリンのような生親和性吸着剤は、最初に

該粒子を3-(3-ジメチル-アミノプロピル)カルボジイミドで処理することによってこれらの結合され得る。

一般的にある有機官能性を供与するシランで被覆された磁性粒子は、表面上にすでに存在する官能性をより望ましい官能性に置き換えるように変更され得る。例えば、ジアゾ誘導体は、p-ニトロ-安息香酸との反応、ニトロ基のアミンへの還元、そして次に亜硝酸でのジアゾ化により3-アミノプロピルトリエトキシシランから調製され得る。同じシランが、アミノ官能基のチオホスゲンとの反応によりイソチオシアノアルキルシラン誘導体へ転化され得る。

磁性粒子への結合をもたらすために、生親和性吸着剤の水性溶液がシラン被覆粒子と室温もしくはそれ以下の温度で接触され得る。タンパク(ないしは免疫グロブリン)が結合されるべき場合、一般的に1:10~1:30のタンパク(mg):粒子(mg)の比が用いられる。約3~24時間の接触時間が通常、結合に十分である。この時間の

間pHは、生親和性吸着剤を変性させない値に維持されそしてその最良の値は、例えばアゾ結合の場合pH8~9であるような、形成される結合の種類に合わせたものである。

さらに詳細に第VI-5節、第VI-8節および第VI-10節でそれぞれ述べられるジアゾ化法、カルボジイミド法またはグルタルアルデヒド法のいずれかによる抗体のシラン被覆磁性粒子へ結合の後、抗体は以下の苛酷な処理を行なった後でさえも磁性性をとどめた:リン酸緩衝食塩水(PBS)中に50℃で24時間、PBS中に37℃で21日間、1M-塩化ナトリウム中に23℃で30分間および室温でエタノールまたはメタノール中での反復的洗浄。酸に鉄に吸着された抗体は、実質的にこれらのいかなる処理によっても解離されない。これらの結果は、シランが非常に堅固に金属酸化物と結合していることおよび抗体の該粒子への結合は本質的に不可逆的共有結合よりなされたものであるということを示すものである。シランの金属酸化物への生親和性吸着剤(例えば抗

体)の共有結合を伴った堅固な結合は、商品的に重要な特質である、結合磁性粒子上へ安定性を与える特徴点である。

### V-3.

#### 生物学的検定法における磁性粒子の使用

本発明の磁性粒子は、第3節で定義されたような免疫検定法および他の結合検定法に使用される。診断学的または研究的目的に使用される検定法の最も普及した種類は、競合的結合の主体に基づいた放射線免疫検定法、蛍光免疫検定法、酵素免疫検定法および非免疫放射線検定法である。基本的に、抗原のようなリグート [ligate] に指向した例えば抗体もしくは特異性結合タンパクのようなリガンド [ligant] は、過剰な標識リグート (\*リグート) で飽和される (あるいは、競合的検定法は標識リガンドと非標識リグートとで行なわれ得る。サンドイッチ検定法と呼ばれる非競合的検定法もまた広範に用いられ得る。) 本発明の方法によると、リガンドは磁性粒子に結合される。標識の例としては、トリチウム、 $^{14}\text{C}$ 、

$^{57}\text{Co}$  および好ましくは  $^{125}\text{I}$  のような放射性同位元素、ローダミンイソチオシアネートおよびフルオレセインイソチオシアネートのような蛍光測定標識、またアルカリホスファターゼおよび  $\beta$ -D-ガラクトシダーゼのような酵素 (一般的に酵素反応が計測され得る容易さで選ばれる。) などがある。非標識リグートがリガンドに \*リグートを伴って加えられると、非標識リグートの標識リグート (\*リグート) に対する比が増加するので、より少ない \*リグートがリガンド-リグート複合体中に見いだされるであろう。リガンド-\*リグート複合体が \*リグートから物理的に分離され得ると、試験物質中の非標識リグートの量が決定され得る。

非標識リグートを計測するために、標準曲線が作成されなければならない。これはリガンドと \*リグートのある固定した量を混合し、そしてそれぞれに非標識リグートの既知量を加えることにより行なわれる。反応が完了した際、リガンド-\*リグート複合体は \*リグートから分離される。そ

して収集されたリガンド-\*リグート複合体中の標識を添加した非標識リグートに関係させたグラフが作成される。実験試料中の非標識リグートの量を決定するために、試料の部分標本 (アリクォット [aliquot]) が標準曲線を得るのに用いられたのと同じリガント-\*リグート混合物中に添加される。リガント-\*リグート複合体は収集され、標識が測定され、そして非標識リガンドの量が標準曲線から読み取られる。これは、たとえばどのような複合体でもリガント-\*リグート相互作用を何も妨害しない限り、いずれの試料でも可能である。本発明の方法により、リガント-\*リグート複合体は遊離 \*リグートから磁気的に分離される。

この一般的方法論は、ホルモン、医薬剤、ビタミンおよび補助因子、血液学的物質、ウィルス抗原、核酸、ヌクレオチド、グリコシドならびに糖を含む広範な種類の化合物の計測に関する検定法において適用され得るものである。詳細のために、第1表にあげた化合物はすべて磁性粒子免疫検定

法および磁性粒子結合検定法により測定可能である (ディー フレイフィルダー

[D. Freifelder]、フィジカル バイオケミストリー [Physical Biochemistry], p 259、ダブリュー エッチ フリーマン アンド コンパニー [W. H. Freeman and Company]、サンフランシスコ (1976) を参照のこと。)

(以下余白)

## 第 1 表

## 磁性粒子検定法で測定可能な物質

## ホルモン類

甲状腺ホルモン類	プロラクチン
(サイロキシン、	サイロカルシトニン
トリアイオドチロニン、	上皮小体ホルモン
甲状腺結合グロブリン、	ヒト絨毛性ゴナドトロ
甲状腺刺激ホルモン、	ピン
サイログロブリン)	ヒト胎盤性ラクタゲン
	下垂体後葉製ペプチド
腎臓ホルモン類	類(オキシトシン、
(グルカゴン、ガスト	パソプレシン、ニュー
リン、エンテログルカ	ロフィジン)
ゴン、セクレチン、パ	ブラジキニン
ンクレオザイミン、	コルチゾール
血管作動性腸ペプチド、	コルチコトロピン
腎抑制ペプチド、モチ	ヒト成長ホルモン
リン、インスリン)	
卵巣刺激ホルモン	黄体化ホルモン
プロゲステロン	テストステロン

## (第1表続き)

エストロジオール	エストラジオール
医薬剤	
シゴキシン	テトラヒドロカンナビ
テロフィリン	ノール
モルヒネおよびアヘン	バルビツレート類
のアルカロイド類	ニコチンおよび代謝
心臓グリコシド類	生産物類
プロスタグランジン類	フェノチアジン類
リセルギン酸および	アンフェタミン類
その誘導体類	
ビタミン類および補助因子類	
ビタミンD	ビタミンB <sub>12</sub>
葉酸	サイクリックAMP
血液学的物質	
フィブリノーゲン、	プロトロンビン
フィブリンおよび	トランスフェリン
フィブリノペプチド	およびフェリチン
プラスミノゲンおよび	エリスロポイエチン
プラスミン	抗血液向性因子

## (第1表続き)

## ウイルス抗原

肝炎抗原	ポリオウイルス
単純ヘルペス	狂犬病ウイルス
ワクシニア	Q熱ウイルス
種々のA群アルボ	オウム病ウイルス
ウイルス類	

## 核酸類およびヌクレオチド類

DNA	RNA
シトシン誘導体類	

(以下 余白)

## V-4.

## 固定化酵素系における磁性粒子の使用

酵素は、第V-2節で述べたような方法によつて、本発明の磁性粒子に結合し得る。これらは、反応が起った後の生成物からの酵素の分離を容易とするためならびに酵素の再使用および再循環を許容するために、固定化酵素系において、特にバッチ反応器もしくは連続流動攪拌タンク反応器 [continuous-flow stirred-tank reactor] 2 (CSTR) において使用され得る。生化学反応における酵素結合磁性粒子の使用に関する1つの方法が、上記した参照により組み入れられた米国特許第4,152,210号でダンニル [Dunnill] とリリー [Lilly] により述べられている。本発明の磁性粒子は、沈降の問題を解消しそして酵素の再循環を許容するものであるため、ダンニルとリリーの磁性粒子と有利に置き換えられ得る。簡単に言うと、懸濁液は、反応が最も促進されるpH、温度および基質濃度の条件下で、酵素結合磁性粒子と接触される。反応が完了したの

## 第 2 表

## 工業的に重要な固定化酵素反応

酵 素	反応物/生成物
アミログルコシダーゼ	マルトース/グルコース
グルコースオキシダーゼ	グルコース/グルコン酸
グルコアミラーゼ	デンプン/グルコース、 デキストリン/グリコース
$\beta$ -アミラーゼ	デンプン/マルトース
インベルターゼ	スクロース/グルコース
グルコース イソメラーゼ	グルコース/フルクトース
ラクターゼ	ラクトース/グルコース
トリプシン	タンパク類/アミノ酸類
アミノアクリラーゼ	N-アセチル-DL-メチオニン/メチオニン
リゾチーム	リゾディックテカス球菌 (ミクロコッカス リゾディックテカス [M. lysocitricus]) の溶解

ち、該粒子は、生成物が酵素から離れて回収され得るところとなる塊状液体（溶液もしくは懸濁液であり得る。）から磁気分離される。酵素結合磁性粒子は次に、再使用され得る。固定化酵素（非磁性支持体に結合したもの）は、いくつかの工業的に重要な酵素反応において使用されており、そのいくつかは第2表にあげられる。本発明の磁性粒子は、ガラス、セラミックス、ポリアクリルアミド、DEAE-セルロース、キチン、多孔質シリカ、セルロースビーズおよびアルミノケイ酸塩などがある従前に用いられた非磁性固定相に置き換えられ得るものである。

（以下余白）

## V-5.

## 親和クロマトグラフィーにおける

## 磁性粒子の使用

親和クロマトグラフィーのプロセスは、分子に固有な特徴、すなわち酵素もしくは抗体のような生親和性吸着剤によって高い選択性を有して認識するもしくは認識される能力およびこれらの生親和性吸着剤への結合もしくは吸着する能力の使用をはかることにより、分子の有効的な分離を可能とする。親和クロマトグラフィーのプロセスは単に、選択的生親和性吸着材もしくは選択性リガンドを置まれる種族が含まれているものである。数種の物質を含有する溶液、すなわちリグートと接触するように設けることを包含するものである。リグートは不溶性の支持体ないし母体に結合されているものである。リガンドに選択的に結合される。非結合の種族は洗浄により除去される。リグートは次に、例えば緩衝剤のような特定の脱離剤で吸着リグートの脱離を引き起こすようなpHもしくはイオン強度において溶出させることで回収

される。

本発明の方法においては、磁性粒子はリガンドが結合される不溶性の支持体として使用され得る。該粒子は隔離されるべきリグートを含有するバッチ反応器中に懸濁され得る。結合リグートを有する該粒子は洗浄と洗浄の間に磁気分離を行なって塊状液体から磁気的に分離されそして洗浄され得る。最後に、リグートは該粒子から脱離することにより回収され得る。本発明の磁性粒子は第3表にあげた例示されるような種々の親和系に使用され得る。

（以下余白）

## 第 3 表

## 複 和 系

リガンド、不動物体	リゲート、可溶性物体
閉止剤、補助因子、	酵素；アポ酵素
配合物、重合性基質	
酵 素	重合性閉止剤
核酸、単鎖	核酸、補体鎖
ハプテン；抗原	抗体
抗体 (I g G)	タンパク類；多糖類
多糖類；多糖類	レクチン類；受容体類
レクチン	糖タンパク類；受容体類
微小標的化合物類	結合タンパク類
結合タンパク	微小標的化合物類

(以下 余 白)

## VI. 実施例

## VI-1.

## 金属酸化物の調製

金属酸化物粒子は以下のごとく鉄 (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ ) の塩と鉄 (III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ) の塩の溶液をアルカリと混合することにより調製される。すなわち、0.5 M 塩化第一鉄 ( $\text{FeCl}_2$ ) と 0.25 M 塩化第二鉄 ( $\text{FeCl}_3$ ) の溶液 (200 ml) が 5 M 水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) (200 ml) と 60℃ で、100 ml の蒸留水を入れた 500 ml ビーカーに双方の溶液を注ぐことにより混合された。特に注釈しない限りすべての段階は室温にて行なわれた。この混合物は、約 2 分間攪拌され、この時間の間に黒色の磁気沈殿が形成された。沈降した後において、沈降沈殿物の容積は約 175 ml であった。この沈殿物中の鉄酸化物の濃度は約 60 mg/ml であった (下記に測定した鉄 11.2 mg の収率に基づく。)。これは、例えばレコーディングテープ用の標準的磁性酸化物であるビフィザー #2228

$\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$  [Pfizer #2228  $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ ] (ビフィザー ミネラルズ [Pfizer Minerals]、ピグメント アンド メタルズ ディビジョン [Pigments and Metals Division]、ニューヨーク、ニューヨーク州) のような、水性スラリー中に約 700 mg/ml の濃度で得られる市販の磁性酸化鉄とは著しく異なるものである。この比較は、本方法により調製された粒子の微細性を強調することも含んでいる。非常に微細な粒子はち密な充填ができないおよび最も多くの水を吸い入れる。一方、より大きくそしてよりち密な粒子は、ち密に充填され水を除去する。

沈殿物は次に、pH ベーバーで測定して pH 6~8 に達するまで水で洗浄された。以下の洗浄方法が用いられた。すなわち、該粒子は 2 l ビーカーに入れた 1.8 l の水の中に懸濁されそして磁氣的抽出により収集された。このビーカーは高さ 1/2 インチ直径 6 インチの環状磁石の上端におかれ、そして磁性粒子がこれにより沈降した。水

は、水を移す間磁石をビーカーの底部に保持することで、該粒子の損失なく取り除かれた。同様の洗浄方法が、容積が必要により調整されることを除いて、すべての洗浄を通して用いられた。代表的に、中性 pH に達するのに 3 回の洗浄で充分であった。該磁性粒子は次に一度、同じビーカー中で 0.02 M 塩化ナトリウム ( $\text{NaCl}$ ) 1.0 l で洗浄された。

水は次に、メトキシシランの加水分解に触媒作用を及ぼすための水の痕跡を残しながら、メタノールで置き換えられた (第 VI-2 節参照)。これは、0.2 M  $\text{NaCl}$  800 ml で吸出し、総容積 1 l をエタノールで運ぶことによりなされる。この物質は再懸濁され、そして磁氣的抽出され、懸濁液 800 ml が除去されそして他の 800 ml のメタノールが加えられた。メタノールの 3 回添加の後、該酸化物は約 1% (V/V) 水である溶液においてシラン化の用意をした。沈殿物の一部が 70℃ で 24 時間乾燥され計量された結果、11.2 g の酸化鉄が形成されていた。

この方法を通して、磁性酸化鉄粒子は、その超常磁性の特性ゆえ、磁場にさらすことをくり返しても永久磁性沈澱となることは決してないということに注目すべきである。従って、水洗浄およびメタノールでの置換え処理の固粒子を再懸濁させるためには単にゆるやかな攪拌が要求されるにすぎなかった。

## VI-2.

### シラン化

約1% (v/v) の水を含むメタノール250 ml中に懸濁された磁性酸化鉄粒子(第VI-1節参照)はヴィルテス 23 ホモゲナイザー [Virilis 23 homogenizer] (ヴィルテス コンパニー インコーポレーテッド [Virilis Company, Inc.]、ガーディナー、ニューヨーク州) 中へ入れられた。オルト亜リン酸(フィッシャー サイエンティフィック コーポレーション [Fisher Scientific Co.]、ピッツバーグ、ペンシルバニア州) 2g と  $\beta$ -アミノフェニルトリメトキシシラン(A-7025、ペト

ラーチ システムス インコーポレーテッド [Petrarch System, Inc.]、プリストール、ペンシルバニア州) 10mgが加えられた。別の懸液において、水酢酸5mlがオルト亜リン酸2gと置き換えられた。混合物は、23,000 rpmで10分間および9,000 rpmで120分間均質化された。内容物はグリセロール200mlを入れたガラス製の500mlビーカー中へ注ぎ移され、そして160°~170°Cの温度に達するまでホットプレート上で加熱された。混合物は室温へ冷却させられた。加熱および冷却の両段階とも密閉条件下で攪拌しながら行なわれた。グリセロール粒子スラリー(容積約200ml)が2mlビーカーに入れられた水1.5ml中に注ぎ入れられ、該粒子は第VI-1節で述べた方法に従い水で徹底的に(通常4回)洗浄された。

このシラン化方法は、3-アミノプロピルトリメキシシラン、N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-ドデシルトリエトキシシランおよびN-ヘキシルトリメトキ

シシラン(それぞれA-0800、A-0700、D-6224およびH-7334、ペトラーチ システムス インコーポレーテッド、プリストール、ペンシルバニア州)を含むその他のシランを用いても行なわれた。

上記のシラン化方法に代わる方法として、シランはまた酸性水溶液から超常磁性酸化鉄(第VI-1節において調製された。)上に析出された。 $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 比が2である超常磁性酸化鉄が第VI-1節に述べたようにして水で洗浄された。メタノールへの移行は省かれた。粒子1g(沈降粒子約20ml)が3-アミノプロピルトリメトキシシラン10%水溶液100mlと混合された。pHは、水酢酸で4.5に調節された。混合物は、電気モーターに取付けられた金属攪拌板で混合しながら90~95°Cで2時間加熱された。冷却の後、粒子は水(100ml)で3回、メタノール(100ml)で3回、そしてさらに水(100ml)で3回洗浄された。粒子上のシランの存在が確認された。

## VI-3.

### シラン化磁性粒子の物理的特性

$\beta$ -アミノフェニルシラン化粒子、3-アミノプロピルシラン化粒子およびN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン化粒子に関する光散乱により測定された平均粒径および密度ガス吸着により測定された1グラム当りの表面積が第4表に示される。粒子表面積は、タンパクを結合する粒子の能力に密度に関係するものであり、300mg/gほどの多量のタンパクがN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン化粒子に結合され得、これは従前に報告された粒子の1.2mg(タンパク)/gの値よりも極めて高い値である(ハルシュとヤベルバン、クリン ケム アクタ 63:69(1975))。比較のために、シラン化磁性鉄の2つの仮定球状粒子に関する1グラム当りの表面積が第4表中にあげられている。該仮定粒子の密度は、シラン化磁性鉄粒子の密度の概算である2.5g/ccであると解釈された。それぞれの仮定粒子の粒径は、仮定粒子に関する事

項に記載された開の本発明の粒子の平均粒径であると解釈された。窒素ガス吸着によって測定された本発明の粒子の1グラム当りの表面積が同じ粒径のシラン化珪酸の完全な球体に関する計算された1グラム当りの表面積よりもはるかに大きいことが観察できる。本発明の粒子のこのより大きな1グラム当りの表面積は、本発明の粒子が多孔性構造あるいはさもなければ開放構造を有していることを示すものである。粒径0.01 $\mu$ を有するシラン化珪酸の仮定真球体は約120 $\text{m}^2/\text{g}$ の計算された1グラム当りの表面積を有している。

(以下空白)

#### 第 4 表

##### シラン化珪酸粒子の特性

シ ラ ン	平均粒径 <sup>1</sup> ( $\mu$ )	測定表面積 <sup>2</sup> ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	仮定表面積 <sup>3</sup> ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン	0.561	140	4.3
P-アミノフェニルシラン	0.803	測定せず	—
3-アミノプロピルシラン	0.612	122	3.9

1. 粒径(ミクロン)はコウルター N-4 パーティクルサイズ アナライザー [Coulter N-4 Particle Size Analyzer] における光分散により測定された。

2. 表面積は $\text{N}_2$  ガス吸着により測定された。

3. 2.5 $\text{g}/\text{cc}$ の濃度を有する真球体に関する計算された1グラム当りの表面積。

第VI-1節および第VI-2節の方法により調製されたシラン化磁化粒子の平均粒径は、文献中に述べられた他の磁化粒子の粒径よりかなり小さいので、従前に報告されたこれらの他の磁気粒子の重力沈降時間よりも、該シラン化磁気粒子はより遅延された重力沈降時間を示す。例えば、ここに述べられる該粒子の沈降時間は約150分であり、これはa) 10μより大きい粒径と解釋されたハルシュとヤベルパンの粒子に関する約5分(クリン ケム アクタ 63:69(1975))および粒径50~160μであるロビンソンらの粒子に関する約1分(バイオテック バイオエング XV:603(1973))とははなはだ異なるものである。

本発明のシラン化磁化粒子は、これらが弱い磁場に対して迅速に応答するものであるにもかかわらず、それらの粒径および組成の結果としての重力沈降の非常に遅い速度を有することにより特徴づけられる。これは、磁場の不在化に自然的粒子沈降によりもたらされるシラン化磁気粒子の懸濁

の時間を通しての隔り度における変化がサマリウム-コバルト磁石の存在下における隔り度と比較される第1図に貼られる。30分経過後において、懸濁液の隔り度は、磁場の不在下においてわずかに10%より大きいものとししか変化しなかったことが観察され得る。しかしながら、弱い磁場の存在下においては、粒子懸濁液の隔り度は、6分以内にその最初の値の95%以上近くも降下した。他の実験において、30分間でわずかに約4%の隔り度の減少が観察された。

3-アミノトリメトキシシランでシラン化された超常磁性粒子(「SIN」粒子)の顕微鏡写真図が第2図において示されている。粒子は形状および粒径において異なっていること、そしてこれらは、形状において粗い球状を現わすものである個々の超常磁性結晶(300Å以下)の群から形成されていることを観察することができる。

#### Ⅴ-4

サイロキシンに対する抗体への  
アミノフェニルシラン化磁性粒子の結合

第一に、サイロキシン(T<sub>4</sub>)抗血清が以下のように調製された。

T<sub>4</sub>で免疫されたヒツジの血清(ラジオアッセイ システムズ ラボラトリーズ インコーポレーテッド[Radioassay Systems Laboratories, Inc.], カーソン、カリフォルニア州)5.0mlが50ml遠心分離チューブへ入れられた。リン酸緩衝食塩水の5.0mlアリクォットの2つが80%飽和酸化アンモニウム15mlを伴って、pH7.4、4℃で該チューブに加えられた。混合の後に、該チューブは4℃で90分間保存された。混合物は次に、4℃、3000rpmで30分間遠心分離された。上澄み成分は取り移され、そしてペレットはPBS5.0ml中に再懸濁され清澄となるまで溶解された。このT<sub>4</sub>抗血清調製品(PBS中1:2)は、PBSで透析され、PBS40mlが入れられた50ml遠心分離チューブへ透析管から移されて総容積50mlとされた。このT<sub>4</sub>抗血清調製品(PBS中1:10)は、結合に用いられ

るまで冷蔵された。

1N-塩酸(HCl)100ml中のp-アミノフェニルシラン化粒子1740mgへ、0.6M-亜硝酸ナトリウム(NaNO<sub>2</sub>)25mlが加えられた。このNaNO<sub>2</sub>は、凍結しないように注意して0°~5℃の温度を維持しながら、粒子/HCl混合物の表面下にゆっくりと加えられた。10分経過した後、混合物は、0°~5℃の温度に保ったまま、1.2M-NaOH65mlおよび1M-炭酸水素ナトリウム(NaHCO<sub>3</sub>)18mlを加えることによりpH7.5~8.5とされた。次にサイロキシンに対する抗体を含むヒツジの血清のγグロブリン成分100mgを含むPBS50ml(上記に述べたT<sub>4</sub>抗血清調製品)が加えられた。pHは、混合物が0°~5℃で18時間培養される前、7.5~8.5の間に保たれた。得られた抗体結合粒子は、pH7.2の0.1M-リン酸ナトリウム緩衝剤で3回、1M-NaClで、メタノールで、1M-NaClで、そしてさらに0.1M-リン酸ナトリウム緩衝剤



で洗浄し、完全に洗浄された。この洗浄段階は2度ないしそれ以上くり返された。すべての洗浄は、第VI-1節で述べたように粒子を分散させそしてこれを磁気分離することによりなされた。洗浄の後、粒子はPBS中に再懸濁されそして一晚50℃で培養された。この粒子は前に述べたようにしてメタノール、1M-NaClおよび0.1M-リン酸ナトリウム緩衝剤中で洗浄し、そして2度フリーT<sub>4</sub> トレーサー バッファ [Free T<sub>4</sub> Tracer Buffer] 中で洗浄し、放射標識免疫検定法に用いるまで4℃にて保存された。

#### VI-5.

#### サイロキシンに対する阻性粒子放射

#### 標識免疫検定法

サイロキシンの放射標識免疫検定法 (RIA) に用いられる抗体結合阻性粒子の量は、以下のRIA法を用いて経験的に決定された。

標準の2マイクロリットル (μl) が、トレーサー (追跡子) 500 μl および磁気粒子 100 μl を伴って 12 × 75 mm ポリプロピレン製チ

ューブ中へビレットを用いて入れられた。渦動の後、混合物は37℃で15分間培養され、その後チューブは10分間マグネチックラック上に置かれた。このマグネチックラックは、それぞれのチューブの底部がくる位置に円筒状の「ボタン [button]」磁石 (インカー 18 [Incor 18]、インディアナ ジェネラル マグネチック プロダクツ コーポレーション [Indiana General Magnetic Products Corp.]、バルバライソ、インディアナ州) を有する試験管ホルダーから成るものであった。抗体および結合トレーサーを有する阻性粒子は、マグネチックラックを転倒し上層み液を捨てることで除去されるものである非結合トレーサーを残したまま、チューブの底部へ引きつけられた。このベレット中の放射能は、トラッカー 1290 ガンマ カウンター [Tracor 1290 Gamma Counter] (トラッカー アナリテック インコーポレーテッド [Tracor Analytic, Inc.]、エルク グローブビレッジ、イリノイ州) により測定された。

またこの検定法に用いられた試薬は次の通りである。標準は、T<sub>4</sub> を T<sub>4</sub> のないヒト血清に加えることにより調製された。T<sub>4</sub> は、カーター [Carter] の方法 (クリン ケム 24, 362 (1978)) に従い、活性炭を除去するために濾過を伴う活性炭での血清の培養により血清より除去された。トレーサーは、ケンブリッジ メディカル ダイアグノスティクス [Cambridge Medical Diagnostics] より購入された <sup>125</sup>I-サイロキシン (#155) であり、ウシ血清アルブミン 100 μg / ml、サリチル酸塩 10 μg / ml および 8-アミリノナフタレン-8-スルホン酸 50 μg / ml を含む 0.01M トリス バッファ [Tris buffer] (2-アミノ-2-ヒドロキシメチル-1,3-プロパンジオール) 中へ希釈された。0.1% ウシ血清アルブミンを含むリン酸緩衝食塩水 (PBS) 中における種々の濃度での阻性粒子が、T<sub>4</sub> 測定に適した粒子濃度を決定するためRIA中に使用された。チューブ当りの約 50 μg の磁気粒子の量がRIAのため

に選択された。この量は、T<sub>4</sub> の望まれる濃度範囲 (0~32 μg / dl) に関して抗体からのトレーサーの良好な置き換えを許容した。

このように最適範囲を測定したことで、上記に述べたRIA法が、T<sub>4</sub> に関する放射標識免疫検定標準曲線を作成するためにチューブ当たり約 50 μg の磁気粒子を用いて行なわれた。このRIAにより得られた結果を第5表に示す。

第 5 表

T<sub>4</sub> に関するRIA標準曲線

T <sub>4</sub> 濃度	CPM (2つのチューブの平均)
0 μg / dl	36763
2 μg / dl	24880
4 μg / dl	18916
8 μg / dl	13737
16 μg / dl	10159
32 μg / dl	7632
総 量	69219

VI-6.

テロフィリンに関する磁性粒子

放射線免疫検定法

ウサギ抗テロフィン抗体は第VI-4節に述べたものと同様の方法により調製されP-アミノフェニルシラン化粒子に結合された。この抗テロフィリン抗体結合磁性粒子は、以下の恩様で放射線免疫検定法に用いられた。テロフィリン標準（テロフィリンを有しないヒト血清に、テロフィリンを加えることで得られた。）20μg、<sup>125</sup>I-テロフィリントレーサー（クリニカルアッセイズ [Clinical Assays]（ケンブリッジ、マサチューセッツ州）製）100μgおよび抗体結合磁性粒子が調製膜に吸着された。室温での15分間の培養の後、10分間の磁気分離が行われた。標準曲線が作成された。得られたデータを第6表に示す。

(以下 余白)

T<sub>4</sub>RIAにおいてこれらの磁性粒子の性能に実質的に影響をもたらさなかった。

(以下 余白)

第 6 表

テロフィリンに関するRIA標準曲線

テロフィリン濃度	cpm (2つのチューブの平均)
0 μg / d l	35061
2 μg / d l	28217
8 μg / d l	19797
20 μg / d l	13352
60 μg / d l	8148
総 量	52461

VI-7.

T<sub>4</sub>放射線免疫検定法における磁性粒子の

Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比の変化の影響

第VI-1節の結晶化方法に従い、鉄の一定モル量は維持するがFe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比を4から0.5の間で変えて、磁性酸化鉄が調製された。これらの粒子はそれぞれ第VI-2節、第VI-4節および第VI-5節に述べられるようにしてシラン化され、抗T<sub>4</sub>抗体と結合されそしてT<sub>4</sub>RIAに用いられた。

Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比の変化は第7表に示すように

第 7 表

Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>比の変えられた磁性粒子を用いてのT<sub>4</sub>RIA標準曲線

T <sub>4</sub> 濃度	cpm (2つのチューブの平均)	
	Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> =4	Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> =0.5
0 μg / d l	35633	35642
1 μg / d l	31681	33139
2 μg / d l	30572	30159
4 μg / d l	24702	25543
8 μg / d l	18680	19720
16 μg / d l	12803	11625
32 μg / d l	10012	8005
総 量	77866	75636

(以下余白)

VI-8. カルボン酸末端化磁性粒子の

B<sub>12</sub> 結合タンパクへの結合

VI-8-1.

カルボン酸末端化磁性粒子の調製

超常磁性酸化鉄が第VI-1節に述べた方法によって調製され、そして、アミノフェニルシランの代わりに3-アミノプロピルトリメトキシシランを用いて第VI-2節に述べるようにしてシラン化された。シランのアミノ基は次に、末端化をアミンからカルボン酸に転化するために無水グルタル酸と反応せられた。末端化の転化は次のようにして行なわれた。水中のアミノプロピルシラン化粒子の5gが、第VI-1節の洗浄方法を用いて0.1M-NaHCO<sub>3</sub> 1.5ℓで4回洗浄された。容積が100ℓに調整され、無水グルタル酸2.85gが添加された。粒子は2度洗浄されそして無水グルタル酸での反応がくり返された。タンパクとの反応に用いられるものを調製するため、カルボン酸末端化磁性粒子は水で5回洗浄された。

VI-8-2.

B<sub>12</sub> 結合タンパクおよびヒト血清アルブミン

のカルボン酸末端化磁性粒子への

カルボジイミドカップリング

水1ℓ中のカルボキシ末端化磁性粒子50mgへ、3-(3-ジメチルアミノプロピル)-カルボジイミド4mgが添加された。2分間の振動による混合の後、B<sub>12</sub> 結合タンパク(ドクターアール エッチ アレン [Dr. R. H. Allen] (デンバー、コロラド州)より得られた豚の腸の内因性因子(IF)) 0.05mgおよびヒト血清アルブミン(HSA、シグマケミカル コーポレーション [Sigma Chemical Co.], A-8763) 0.75mgが水中の0.30ℓへ加えられた。3時間の間PHは、0.1N-HClまたは0.1N-NaOHを添加することによりPH5.6に調整され維持された。粒子は次に、0.5M-NaClを有するPH8.3の0.1M-ホウ酸塩10ℓ、0.1% HSAを有するリン酸緩衝食塩水(PBS) 10ℓ、そして蒸

留水10ℓで、第VI-1節に述べたような磁気分離法を用いながら洗浄された。粒子はPBSで3度洗浄され、使用までPBS中に保存された。

VI-9.

ビタミンB<sub>12</sub> に関する磁性粒子結合検定法

第VI-7節の方法により調製されたIF-およびHSA-結合磁性粒子について、粒子の測定が、ビタミンB<sub>12</sub> (B<sub>12</sub>) に関する結合結合検定法において必要とされる粒子の量を確かめるために行なわれた。次の検定法態様が用いられた。標準の緩衝液100μℓとトレーサーの緩衝液1000μℓが12×75mmポリプロピレン製チューブに入れられた。混合物は、ヒト血清試料中の結合タンパクの変性をなすために15分間沸騰した湯浴中へ入れられた。次にリン酸緩衝液中の種々の濃度の磁性粒子100μℓが、0~2000ピコグラム/ミリリットル(pg/ℓ)のB<sub>12</sub> 濃度の検定に最適な粒子濃度を決定するために加えられた。室温で1時間の培養の後、結合B<sub>12</sub> と遊離B<sub>12</sub> の磁気分離が第VI-5節で述べた方法およびマグネ

チックラックを用いて行なわれた。次に、ベレット中の放射能が、トラッカー 1290 ガンマカウンター(トラッカー アナリテック インコーポレーテッド、エルク グローブビル、イリノイ州)を用いて測定された。

この検定に用いられた試薬は次の通りである。B<sub>12</sub> 標準は、コーニング メディカル アンドサイエンティフィック [Corning Medical and Scientific] (ディビジョン オブ コーニング グラス ワークス [Division of Corning Glass Works]、メドフィールド、マサチューセッツ州)より得られた(#474267)。これらは、PBS中のB<sub>12</sub> をもたないヒト血清アルブミンおよび防腐剤として加えられたアジ化ナトリウムと共に調製される。トレーサーは、コーニングメディカル アンドサイエンティフィック(ディビジョン オブ コーニング グラス ワークス、メドフィールド マサチューセッツ州)より得られた<sup>57</sup>Co-B<sub>12</sub> (放射性コバルトで標識されたビタミンB<sub>12</sub>) (#47428

7)であった。トレーラーは0.001%シアン化カリウムおよびアジ化ナトリウムを含むpH 9.2のホウ酸緩衝液中にある。磁性粒子は0~2000ppmのB<sub>12</sub>濃度を測定するのに必要とされる粒子の量を決定するために種々の濃度でPBS中に希釈された。

約50μg/チューブの磁性粒子の量が選択され、そして標準曲線を作成するために上記のB<sub>12</sub>結合結合検定法において使用された。データは第8表に示される。

第 8 表

B<sub>12</sub>結合結合検定法標準曲線

B <sub>12</sub> 濃度	cpm (2つのチューブの平均)
0ppm / d <sub>2</sub>	5523
100ppm / d <sub>2</sub>	5220
250ppm / d <sub>2</sub>	4169
500ppm / d <sub>2</sub>	3295
1000ppm / d <sub>2</sub>	2778
2000ppm / d <sub>2</sub>	1745
総 量	16515

れた。グルタルアルデヒド活性化粒子は、次に0.1M-リン酸塩15ml中へ再懸濁された。

トリアイオドチロニン(T<sub>3</sub>)抗血清(1.6ml, T<sub>3</sub>-BSA共役物でウサギを免疫することにより得られた。)が活性化粒子へ加えられ、室温で16~24時間ホイールミキサーで攪拌した。T<sub>3</sub>抗体結合粒子は0.1M-リン酸塩30mlで1度洗浄され、そして、未反応のアルデヒド基を反応するように0.2M-グリシン溶液15ml中に懸濁された。懸濁液は、25分間振動により混合された。抗体結合粒子は0.1M-リン酸塩30mlおよびエタノール30mlで洗浄され、そして0.1%ウシ血清アルブミン(BSA)を含むPBS150mlで2回洗浄された。これは、1%BSAを含むPBS中に再懸濁され、T<sub>3</sub>に関するRIAに使用されるまで4℃で保存された。

VI-10-2.

N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン化磁性粒子の甲状腺刺激

VI-10.

アミノエチル-3-アミノプロピルシランで被覆された磁性粒子のタンパクへの結合  
VI-10-1.

N-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン化磁性粒子のタンパクへの結合

第VI-2節のようにして調製されたN-2-アミノエチル-3-アミノプロピルシラン化磁性粒子(粒子がN/Si比2を有するという意味の「二重素」のため「DIN」と略される。)6/10gが、水中に再懸濁された。粒子は、洗浄と洗浄の間に磁気分離を行なって、水中で1度およびその後

pH7.4の0.1M-リン酸緩衝液30mlで2度洗浄された。洗浄粒子の0.1M-リン酸塩15ml中への懸濁の後に、0.1M-リン酸塩で25%グルタルアルデヒド(G-5882、シグマケミカルコーポレーション、セントルイス、ミズーリー州)を希釈することで調製されたグルタルアルデヒドの5%溶液15mlが加えら

ホルモンに対する抗体への結合

第VI-10-1節の結合方法が最小限変更された。DIN粒子20gが、グルタルアルデヒド活性化の前にメタノール1.5mlで3度洗浄された。グルタルアルデヒド活性化は、規模を調整して第VI-10-1節に述べられたようにして行なわれた。

ヒト甲状腺刺激ホルモン(TSH)に対する抗体を含んでいるヤギβ-グロブリン成分は、全ての抗血清よりも幾分多くDIN粒子に結合した。分画は、PBSでの透析を伴って、40%硫酸アンモニウムを用いてβ-グロブリンを沈殿させることにより行なわれた。約4gのタンパク(20mg/mlで200ml)が結合していた。タンパクの完全な付着は、結合の後の上澄液中に280nmでの光学密度が不在であることにより確認された。これは、粒子1グラム当り約タンパク20mgの付着を示した。粒子は次に、1M-NaCl1.5mlで3度およびPBSで3度洗浄され、そして50℃で一晩乾燥された。次に、粒

子はPBS/BSA中で3度以上洗浄され、TSH検定法における使用に関して精定された。

VI-11.

トリアイドチロニンに関する

磁性粒子放射線免疫検定法

T<sub>3</sub>RIAに用いられる粒子の量が次の検定法により決定された。標準は、T<sub>3</sub>を有しないヒト血清にT<sub>3</sub>をT<sub>4</sub>の場合のようにして加えることにより調製された(第7.5節参照)。トレーサはコーニングメデカルアンドサイエンティフィック(ディビジョンオブコーニングワークス、メドフィールド、マサチューセッツ州)より得られた<sup>125</sup>I-T<sub>3</sub>(#47106)であった。磁性粒子は、必要とされる粒子の量を決定するためにPBS-BSA中へ種々の濃度に希釈された。この検定法標準は次の通りであった。標準50μl、トレーサ100μlおよびDIN磁性粒子800μlが12×75mmポリプロピレン製チューブ中へビベットを用いて入れられた。渦動の

後、チューブは室温で2時間培養された。この検定法は磁気分離により終了された。0ng/ml標準を用いて検定法における粒子の量を決定することによって、30μg/チューブの量が、この検定法標準において最適であると思われた。第9表は、この量の粒子を用いて得られたT<sub>3</sub>RIA標準曲線データを示すものである。

第9表

T<sub>3</sub>に関するRIA標準曲線

T <sub>3</sub> 濃度	cpm (2つのチューブの平均)
0.0 ng/ml	17278
0.25 ng/ml	15034
0.50 ng/ml	13456
1.00 ng/ml	12127
2.00 ng/ml	8758
4.00 ng/ml	5776
8.00 ng/ml	3897
総 量	26946

VI-12.

甲状腺刺激ホルモンに関する

磁性粒子放射線免疫検定法

TSH RIAに用いられる粒子量が以下の検定法により決定された。標準は、正常ヒト血清中のもの(コーニングメデカルアンドサイエンティフィック製#47186(メドフィールド、マサチューセッツ州))であった。トレーサはPBS中の<sup>125</sup>I-ウサギ抗TSH(コーニングアンドサイエンティフィック製#474185(メドフィールド、マサチューセッツ州))であった。磁性粒子は、必要とされる粒子の量を決定するためにPBS-BSA中へ種々の濃度で希釈された。

この検定法標準は次の通りである。標準100μlおよびトレーサ100μlが12×75mmポリプロピレン製チューブ中へビベットにより入れられ、渦動され、そして室温で3時間培養された。磁性粒子(500μl)が加えられ、混合物は渦動されそして室温で1時間培養された。水500μlが加えられ、そして結合トレーサを非結合トレーサから分離するために通常の磁気分

離が用いられた。TSHの存在において、磁性抗体(ヤギ抗TSH抗体、VI-10-1参照)TSHとトレーサ<sup>125</sup>I抗体(ウサギ抗TSH抗体)との間でサンドウィッチが形成される。これゆえ、分析物(TSH)の増加する濃度は、結合放射線の量を増加する。第10表は、この手法により得られたTSH RIA標準曲線データを示すものである。

第10表

TSHに関するRIA標準曲線

TSH 濃度	cpm
0 μIU*/ml	1615
1.5 μIU*/ml	2309
3.0 μIU*/ml	3014
6.0 μIU*/ml	4448
15.0 μIU*/ml	7793
30.0 μIU*/ml	11063
60.0 μIU*/ml	15030
総 量	45168

\* μIU-マイクロ国際単位

VI-13.

グルタルアルデヒドの使用によるN-2-  
アミノエチル-3-アミノプロピルシラン

で被覆された磁性粒子の酵素への結合

磁性粒子(1g)が、第VI-10-1節に述べ  
るようにしてグルタルアルデヒドで活性化された。  
洗浄の後、粒子は、PBS 15ml中に再懸濁さ  
れた。次に3mlの粒子(2g)が、PBS  
2.0mlに溶解されたアルカリホスファター  
ゼ(シグマケミカルコンパニー、P-970  
1)5mgもしくはPBS 2.0mlに溶解された  
 $\beta$ -ガラクトシダーゼ(シグマケミカルコン  
パニー、5635)5mgと混合された。結合粒子  
はグリシンで洗浄され、次にPBSで5回洗浄さ  
れ、そして0.1%BSAを含むPBS中に再懸  
濁された。

磁性アルカリホスファターゼ活性度に関する酵  
素検定法は次のようにして行なわれた。

3ml容器にpH8.0で、0.05M Tris-  
HCl 3mlが3mM p-ニトロフェニル

-ホスフェートと共に入れられた。次に結合した  
アルカリホスファターゼを有する磁性粒子希釈液  
100 $\mu$ lが加えられた。410nmでの光学濃度  
における増加が記録された。

磁性 $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性度に関する酵素  
検定法は次のようにして行なわれた。

3ml容器にpH7.4で、0.1Mリン酸塩  
3mlが0.01Mメルカプトエタノールおよび  
0.005M O-ニトロフェニル- $\beta$ -D-ガラ  
クトピラニノシドと共に入れられた。

次に、 $\beta$ -ガラクトシダーゼに結合した磁性粒  
子希釈液100 $\mu$ lが加えられた。410nmでの  
光学濃度における増加が記録された。

以上述べたように、本発明は、その発明の範囲  
において、多くの変更および置換が可能である。  
なお、述べられた特定の実施態様は、例示のため  
のみ与えられたものであり、何ら本発明を限定す  
るものでなく、本発明は特許請求の範囲の記載に  
よってのみ限定されるものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の磁性粒子の一実施例に係る  
磁性粒子懸濁液の濁り度(%濃度)の磁場の存在  
または不存在における経時的変化を示すグラフで  
あり、また第2図は、本発明の一実施例である3-  
アミノプロピルトリメトキシシランでシラン化  
された超常磁性粒子の顕微鏡写真図を示すもので  
ある。

特許出願人 アドバンスド、マグネティックス、  
インコーポレーテッド

代理人 井野士 八田 幹  
村 瀬 一 英



図面の浄書(内容に変更なし)

FIG. 1

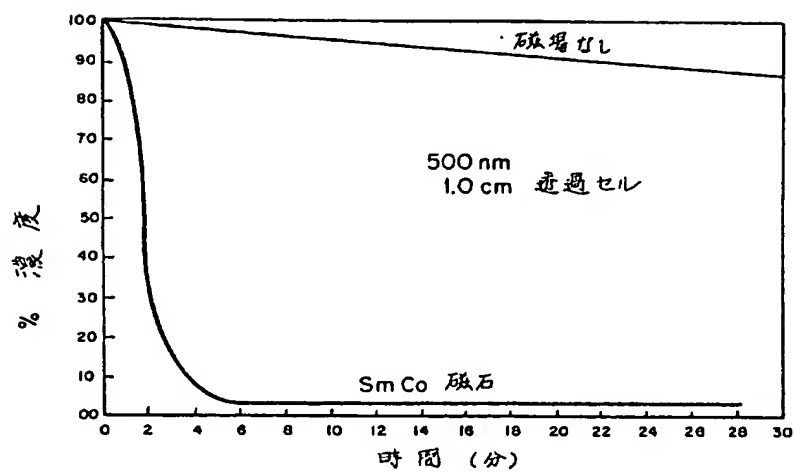
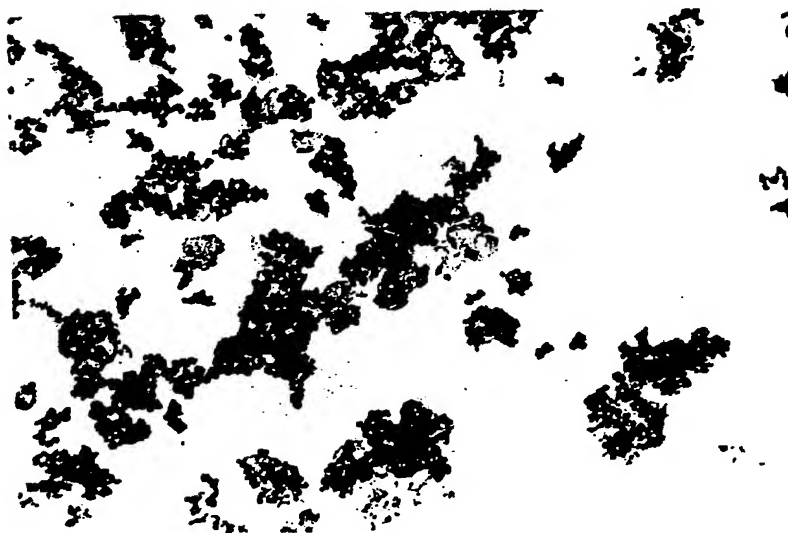


FIG. 2



昭和59年6月27日

特許庁長官 心 頼 孝 殿

## 第1頁の続き

⑦発明者

ロイ・アーサー・ホワイトヘツ  
ドアメリカ合衆国マサチューセツ  
ツ州ヒンガム・メイン・ストリ  
ート626

1. 事件の表示  
昭和59年 特許願 第95,470号
2. 発明の名称  
分離に用いられる磁性粒子
3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
住 所 アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ケンブリッジ、  
ビー コンコード アベニュー767  
名 称 アドバンスド、マグネティックス、  
インコーポレーテッド  
代表者 ジェローム ゴールドSTEIN
4. 代理人  
住 所 東京都千代田区二番町11番地9 ダイアバレス二番町  
氏 名 (7234) 弁理士 八 田 幹 雄  
電 話 03-230-4766番
5. 補正命令の日付  
自 発 補 正
6. 補正の対象  
(1) 願書の「特許出願人の代表者」の欄および願書に記載した  
「優先権主張の第1国出願番号」の欄  
(2) 委任状および法人国籍証明書ならびにその訳文の通り。  
(3) 図面
7. 補正の内容  
(1) 別紙訂正願書の通り。  
(2) 別紙委任状および法人国籍証明書ならびにその訳文の通り。  
(3) 別紙浄化図面の通り。(内容に変更なし。)

